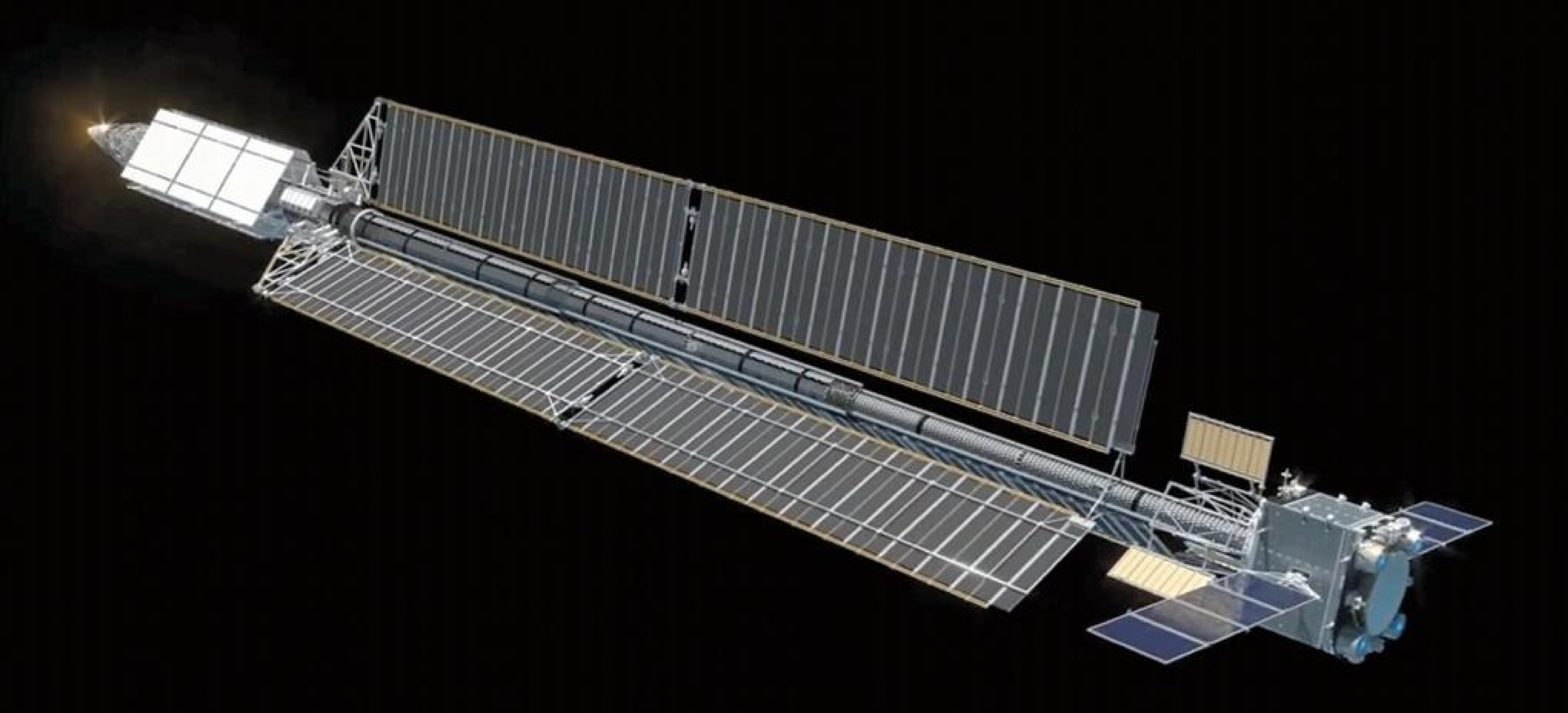



№5 (179)
2021

Журнал для перспективной молодежи

12+

# КОСМИЧЕСКИЙ ЯДЕРНЫЙ БУКСИР. ПРОРЫВ В ОСВОЕНИИ КОСМОСА?





**УДАРНЫЕ АПЛ СТРАН ЕВРОПЫ**



**БОЙ С ТЕНЬЮ. СУ-34 ПРОТИВ F-15**



**ВОДОРОД – РЕВОЛЮЦИЯ В АВТОПЕРЕВОЗКАХ**

# Соединенные Штаты Америки

## BB-40 New Mexico, 1915 г. (вид 1934 г.)

## BB-45 Colorado, 1919 г.




*Художник А. Шепс*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций (Св-во ПИ № ФС77-57293 от 27.03.2014)
**УЧРЕДИТЕЛЬ** – Кохан Б. В., **ИЗДАТЕЛЬ** – Сальников Ю. В.

**ТИРАЖ**: 10 000 экз. **ЦЕНА** свободная.
**ДАТА** выхода в свет – 20.05.2021 г.
**ТЕЛЕФОНЫ**: +7 960 620-02-14, +7 472-290-17-91

**АДРЕС РЕДАКЦИИ, ИЗДАТЕЛЯ**: 308510, Белгородская обл., Белгородский р-н, пгт Разумное, ул. 78-й Гвардейской дивизии, 16/60.
**ОТПЕЧАТАНО**: Типография «Риммини», г. Нижний Новгород, ул. Краснозвездная, 7а

# СОДЕРЖАНИЕ















## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ




**E-mail:** market@naukatehnika.com
**E-mail для авторов:** director@naukatehnika.com, nitmagred@gmail.com






# БЕЙРУТСКИЙ ВЗРЫВ



## Физические и экологические эффекты в атмосфере и геокосмосе

Мощный взрыв селитры (нитрата аммония) массой 2 750 т произошел в столице Ливана г. Бейруте 4 августа 2020 г. в 16:08:18 (здесь и далее всемирное время). Ему предшествовал слабый взрыв. Мощный взрыв сопровождался генерацией и распространением сильной ударной волны (рис. 1), образованием воронки диаметром 70 м, а также значительными разрушениями построек (рис. 2) и пожарами (рис. 3–6). В ближней зоне (до ~1–2 км) наблюдалось полное разрушение построек, а частичное — вплоть до расстояний R ≈ 10 км. Возникло землетрясение магнитудой 3,5 (по данным немецких сейсмологов) и 4,5 (по данным иорданских специалистов). Характерный «гриб» от взрыва поднялся над городом на несколько километров, он был виден на расстоянии 20–30 км и более. Звук большой интенсивности от взрыва был слышен даже на Кипре, т. е. на расстоянии в 250 км.

Взрыв в Бейруте имел очень значительные социальные последствия: погибло 203 человека, ранено более 7 000 человек, 60 человек пропали без вести, без жилья осталось около 300 тыс. человек.

Нанесенный ущерб составил не менее 15 млрд долларов США.

Автором выполнен комплексный анализ физических процессов в атмосфере и геокосмосе, а также экологических последствий взрыва в Бейруте. При этом установлено следующее.

**Автор — Л. Ф. Черногор**

**Энергетика процессов. Разрушения.** Расчеты показали, что в результате взрыва была образована воронка радиусом 35 м и глубиной около 21 м. При этом объем выброшенного грунта составил около 40 тыс. м$^3$, а его масса — 80 000 т, в том числе и масса пыли ~10 000 т. На разрушение грунта и его выброс затрачено всего несколько процентов энергии взрыва.

Исходя из расчетов зоны и степени разрушений, оценен тротиловый эквивалент взорвавшейся селитры. Он составил около 1 кт ТНТ, или 4,2 ТДж. При этом взрывная способность селитры была около 36 % от взрывной способности тротила.

**Ударная волна.** Основная энергия от взрыва выделилась в виде ударной волны. Она произвела полные разрушения в зоне радиусом около 0,65 км, сильные разрушения в зоне радиусом около 1,3 км, а также частичные разрушения в зоне радиусом не менее 10 км (табл. 1). Безопасная зона находилась на расстояниях многих десятков километров от эпицентра. Разрушающее действие ударной волны, которая представляет собой распространяющийся во все стороны скачок давления газа, определяется тремя параметрами: избытком давления, длительностью этого избытка (длительностью положительной фазы) и импульсом положительной фазы. Зависимость этих параметров от расстояния приведена в табл. 2.

**Звуковой эффект.** Зависимость интенсивности ударной волны от расстояния также приведена в табл. 2. Как видно из таблицы, интенсивность ударной волны без учета затухания в районе о. Кипр достигала 126 дБ. Такая интенсивность свойственна взлетающему крупному реактивному самолету. Основная часть энергии приходится на инфразвуковой диапазон, а на звуковой — доля около 0,01 %. Заметим, что инфразвук распространяется с очень незначительным затуханием на глобальные расстояния. Без учета затухания интенсивность звука на удалении 250 км (о. Кипр) составила около 86 дБ. Такой звук создает движущийся крупный грузовик. Если затухание составило даже 10 дБ, интенсивность звука в 76 дБ для жителей о. Кипр была достаточно сильной, что и подтверждают свидетели.

**Эффект термика.** Продукты взрыва, состоящие из нагретого примерно до 1 500 К воздуха и пыли, имеют начальное ускорение около 50 м/с$^2$. За счет этого они достаточно быстро набирают скорость





Рис. 1. Воздушная взрывная волна

*Таблица 1*

### Параметры зон разрушения

| Зона | Полного разрушения | Сильного разрушения | Частичного разрушения |
|---|---|---|---|
| Избыток давления на границе, кПа | 28 | 10 | 1 |
| Максимальный радиус зоны, км | 0,65 | 1,3 | 9,5 |
| Максимальная площадь зоны, км$^2$ | 1,3 | 5,3 | 283 |

*Таблица 2*

### Зависимость параметров ударной волны и звука от расстояния вдоль поверхности Земли

| Расстояние, км | 0,1 | 0,3 | 1 | 3 | 10 | 25 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Избыток давления, Па | $1,8 \cdot 10^6$ | $1,2 \cdot 10^5$ | $1,5 \cdot 10^4$ | $3,7 \cdot 10^3$ | 960 | 380 | 95 | 63 | 48 | 38 |
| Относительный избыток давления, Па | 17,85 | 1,23 | 0,15 | $3,7 \cdot 10^{-2}$ | $9,6 \cdot 10^{-3}$ | $3,8 \cdot 10^{-3}$ | $9,5 \cdot 10^{-4}$ | $6,3 \cdot 10^{-4}$ | $4,8 \cdot 10^{-4}$ | $3,8 \cdot 10^{-4}$ |
| Длительность положительной фазы, с | 0,17 | 0,29 | 0,54 | 0,94 | 1,7 | 2,7 | 5,4 | 6,6 | 7,6 | 8,5 |
| Импульс положительной фазы, Па·с | 540 | 180 | 54 | 18 | 5,4 | 2,2 | 0,54 | 0,36 | 0,27 | 0,20 |
| Интенсивность ударной волны, дБ | 219 | 196 | 178 | 163 | 154 | 146 | 134 | 130 | 128 | 126 |
| Интенсивность звука, дБ | 179 | 156 | 138 | 123 | 111 | 106 | 94 | 90 | 88 | 86 |

в десятки метров в секунду и всплывают вверх. Нагретое образование называется термиком. По мере подъема термик присоединяет холодный воздух и постепенно тормозится и в конце концов останавливается. Согласно проведенным расчетам, продукты взрыва (термик) с горизонтальным размером около 100 м поднимались над эпицентром со скоростью ~46 м/с и достигли максимальной высоты, близкой к 4,4 км, примерно за 1,6 мин. Оцененная высота термика («гриба») соответствует результатам наблюдений. Вместе с термиком в атмосферу было заброшено ~10 000 т пыли, которая существовала в атмосфере в зависимости от размера от 1 часа до нескольких суток и переносилась ветром на расстояния в сотни и тысячи километров.

**Эффекты в атмосфере и геокосмосе.** Распространяясь вверх, ударная волна вызвала значительные возмущения в атмосфере и даже в геокосмосе. Как видно из табл. 3, относительное давление в волне сначала уменьшалось до высоты около 10 км, а затем достаточно быстро увеличивалось. На границе термосферы (высота около 100 км) оно без учета потерь было около 1. Диссипация сильной ударной волны из-за влияния нелинейного эффекта укручения профиля волны привела к нагреву атмосферного газа на высотах более 85–90 км. Относительное увеличение температуры атмосферы составляло несколько десятков процентов. Размер возмущенной области по горизонтали был не менее 150–200 км, а по вертикали — десятки километров. Нагретый объем послужил источником вторичных волн, а именно атмосферных гравитационных волн с периодами 8–11 мин и менее, которые способны распространяться вдоль поверхности Земли на многие тысячи километров от источника. Атмосферные гравитационные волны модулируют с тем же периодом концентрацию электронов, которая является малой примесью в нижней и средней ионосфере (высоты до 400–500 км).

Нагретый объем слабо ионизированной ионосферной плазмы также является источником электродинамических процессов, сопровождаемых генерацией альвеновского импульса и магнитогидродинамических (МГД) волн. И альвеновские, и МГД волны — это особые электромагнитные волны в плазме.

**Генерация альвеновского импульса и МГД волн.** Нагрев атмосферы над областью взрыва приводит к нагреву ионосферной плазмы, которая является малой примесью, а значит, к локальному (с горизонтальным размером ~150–210 км) возмущению проводимости ионосферной плазмы. Последнее является источником альвеновского импульса, который распространяется вплоть до магнитосопряженной области, и МГД волн.

**Геомагнитный эффект.** Вторичные волны за счет динамо-эффекта генерируют периодические вариации геомагнитного поля с амплитудой 0,1–0,3 нТл. Геомагнитное возмущение генерируется на высотах 90–130 км и самой ударной волной. Амплитуда возмущения при этом составляет порядка 1 нТл, а длительность — порядка 10 с.

**Сейсмический эффект.** Взрыв также сгенерировал сейсмические волны. Как показали расчеты, магнитуда землетрясения была около 3,5. При этом сейсмическая эффективность составляла $(2–3)\cdot10^{-3}$.

*Таблица 3*

## Высотная зависимость параметров атмосферы и ударной волны

| Высота, км | Невозмущенное давление, Па | Относительный избыток давления | Избыток давления, Па |
|---|---|---|---|
| 5 | $5\cdot10^4$ | $1,9\cdot10^{-2}$ | $9,5\cdot10^2$ |
| 15 | $1,2\cdot10^4$ | $1,5\cdot10^{-2}$ | $1,8\cdot10^2$ |
| 25 | $2,2\cdot10^3$ | $1,8\cdot10^{-2}$ | 50 |
| 35 | $7\cdot10^2$ | $2,7\cdot10^{-2}$ | 19 |
| 45 | $1,6\cdot10^2$ | $5,1\cdot10^{-2}$ | 8,2 |
| 55 | 40 | $8,6\cdot10^{-2}$ | 3,4 |
| 65 | 9 | 0,15 | 1,4 |
| 75 | 3 | 0,23 | 0,70 |
| 85 | 1 | 0,36 | 0,36 |
| 95 | 0,7 | 0,55 | 0,17 |
| 105 | 0,07 | 0,90 | $6,3\cdot10^{-2}$ |
| 115 | 0,02 | 2,0 | $4\cdot10^{-2}$ |





Рис. 2. Примеры разрушений в г. Бейрут





Рис. 3. Примеры пожаров в г. Бейрут

Иорданская оценка магнитуды в 4,5 представляется сильно завышенной.

**Результаты измерений.** Далее рассмотрим результаты наших наблюдений эффектов в околоземном космосе, сопровождавших взрыв в г. Бейрут 4 августа 2020 г.

Средства зондирования космоса и магнитометр-флюксметр расположены в Радиофизической обсерватории ХНУ имени В. Н. Каразина (географические координаты: 49°38′ с. ш., 36°20′ в. д.) вблизи г. Харькова, Украина.

В качестве зондирующих использовались радиосигналы станции РБУ службы эталонных сигналов частоты и времени, расположенной вблизи г. Москвы, Россия (географические координаты: 56°75′ с. ш., 37°30′ в. д.).

Нами проведены измерения амплитуды и фазы радиоволны на частоте 66⅔ кГц и установлено следующее.

4 августа 2020 г., т. е. в день взрыва, примерно с 16:24 до 17:10 имело место увеличение фазы примерно на 5,3°. За ним последовало уменьшение фазы, которое продолжалось примерно до 17:35. Далее снова отмечалось увеличение фазы. Такие вариации фазы обусловлены изменениями концентрации электронов, что подтверждает теоретические расчеты автора.

В контрольные дни отмечалось уменьшение фазы в интервале времени с 16:00 до 17:30–17:40.

В контрольные дни с 16:00 по 17:00 амплитуда оставалась практически неизменной. Затем в течение 20–25 мин наблюдалось уменьшение амплитуды. После 17:20–17:25 отмечался ее рост.

В день взрыва примерно с 16:25 до 17:00 регистрировалось незначительное (до 3,3 %), но устойчивое увеличение амплитуды.



Рис. 4. Примеры пожаров в г. Бейрут

Оценим характерную скорость распространения возмущений. Если увеличение фазы вызвано взрывом, то время запаздывания составляет 16 мин. Время распространения возмущения от поверхности Земли до высоты 80 км близко к 4 мин. Тогда горизонтальная скорость распространения возмущения составляет около 3 км/с. Такую скорость имеют сейсмические волны. Если наблюдаемое увеличение фазы связано со взрывом, оно могло быть вызвано возмущениями в космосе, переносимыми вдоль поверхности Земли сейсмической волной.

Опишем результаты наблюдения геомагнитного эффекта.

В контрольный день флуктуации уровня геомагнитного поля обычно не превышали ±0,4 нТл. Период колебаний изменялся в широких пределах. Наибольшую амплитуду имели колебания с периодом 300–500 с и 700–800 с. Значительный рост (до 0,5–0,7 нТл) амплитуды отмечался в интервалах времени 14:00–14:25 и 15:00–15:30.

4 августа 2020 г., в день взрыва, с 14:00 по 17:25 уровень флуктуаций не превышал 0,2–0,3 нТл. Спектр сигнала содержал гармоники от 300 до 900 с, выделенных периодов не наблюдалось. Первый раз характер сигнала заметно изменился примерно в 16:13 и до 17:10: появился квазипериодический процесс с периодом 10 мин и амплитудой около 0,2 нТл. С 17:26 по 19:00 характер флуктуаций снова существенно изменился. Амплитуда увеличилась до 0,4–0,5 нТл и далее до 0,7 нТл. В широкополосном спектре выделялись гармоники с периодами 300–500 с и 700–900 с.

5 августа 2020 г. уровень флуктуаций изменялся от 0,2–0,3 до 0,4–0,5 нТл. Около 16:00 и 18:30 преобладали составляющие с периодами 700–900 с. Следует иметь в виду, что 5 августа 2020 г. магнитное поле было заметно возмущенным. Индекс геомагнитной активности достигал 3 из 9 возможных. Поэтому в качестве контрольного дня нами было выбрано 3 августа 2020 г.

Более медленные возмущения, например, связанные с распространением атмосферных гравитационных волн, имеющих скорость около 0,3 км/с и несколько меньше, обнаружить не удалось. Примерно после 17:10 вариации фазы и амплитуды были обусловлены более мощным источником энерговыделения, а именно вечерним терминатором.



Рис. 5. Примеры пожаров в г. Бейрут

Таким образом, в день взрыва характер вариаций уровня геомагнитного поля изменялся дважды. Если эти изменения были связаны со взрывом, то времена запаздывания возмущений составляют 5 мин и 79 мин. В первом случае время запаздывания примерно равно времени распространения ударной волны до высоты 100 км. Движение газа и плазмы в геомагнитном поле Земли привело к генерации геомагнитного возмущения, распространяющегося со скоростью МГД волн, значительно превышающей скорость звука. По этой причине время распространения до места регистрации намного меньше времени распространения ударной волны до высоты 100 км. При времени запаздывания, равном 79 мин, имеем скорость почти горизонтального распространения около 500 м/с. Такую скорость, а также наблюдаемые периоды 300–500 с и 700–900 с имеют атмосферные гравитационные волны. Добавим, что по расчетам наблюдаемые периоды составляли 250–340 с и 500–680 с.

Оба геомагнитных эффекта, скорее всего, были связаны со взрывом в г. Бейрут.

Таким образом, мощный взрыв в Бейруте, повлекший за собой значительные социальные последствия, привел к целому ряду крупномасштабных физических и экологических эффектов на земле, в атмосфере и геокосмосе.



Рис. 6. Пример разрушений и пожаров в г. Бейрут

# «ПЕРВОПТИЦЫ», «ПРОТИВОПТИЦЫ»



# И ДРУГИЕ МЕЗОЗОЙСКИЕ ПЕРНАТЫЕ

Самые древние из известных науке перьев обнаружены в отложениях юрского периода. А в следующем, меловом периоде, завершающем мезозойскую эру, по Земле расселилось множество пернатых существ. Правда, многие из тех, кто обзавелись перьями, и в юрском, и в меловом периоде даже и не пытались летать, используя перьевой покров с совершенно другими целями. Прежде всего он предназначался для сохранения тепла, как и шерсть у другой линии наземных позвоночных. Но, в отличие от шерстинок, мелкие перышки смогли эволюционировать в контурное перо. Но и тогда не сразу были приспособлены для полета. Крупные перья, видимо, стали служить важным фактором полового отбора, в силу чего они становились все более и более крупными и, наверное, более яркими, хотя последнее мы можем только предполагать.

Как пример — в 2008 г. в Северном Китае нашли маленького динозаврика, получившего название эпидексиптерикс (от греческих слов epidexi («показывать», «демонстрировать») и pteryx («перо», «крыло»)). Это существо явно не умело летать, но его тело, как видно из отпечатка, было покрыто мелкими перьями без стержня, напоминающими пух. Отпечатки этих перьев превосходно сохранились. А короткий хвост эпидексиптерикса был украшен четырьмя необычайно длинными перьями, похожими на перья современных райских птиц. Возраст этого существа — примерно 168–152 млн лет (юрский период).

У эпидексиптерикса роскошные перья отросли лишь на хвосте, у некоторых других видов они красовались и на конечностях, иногда даже на всех четырех. И вот когда они отросли, их начали пытаться приспособить для полета. Причем попытки эти велись параллельно сразу в нескольких эволюционных ветвях.

Уже довольно давно существуют две основные теории происхождения летающих птиц. Первая заключается в том, что они произошли от небольших рептилий, которые вели древесный образ жизни. Они планировали, перепрыгивая с ветки на ветку, как это делают современные белки-летяги, и даже небольшие перья давали в этом деле серьезное преимущество.

**Автор — Наталья Беспалова**

Согласно другой теории, летающие птицы эволюционировали от наземных бегающих динозавров. Обросшие перьями передние конечности сначала помогали в беге, потом в планирующих прыжках с высоты. На эту теорию хорошо накладывается существование велоцираптора, сравнительно крупного (около 1,8 м в длину) быстро бегающего хищника, на локтевой кости которого были обнаружены характерные бугорки, по-видимому, точки прикрепления вторичных маховых перьев. Такие бугорки типичны для современных птиц и выполняют именно такую функцию. Да и вообще вся анатомия современных птиц явно указывает на адаптацию к бегу, чего нельзя сказать о летающих млекопитающих вроде летучих мышей, чьи нелетающие предки уж точно вели древесный образ жизни.

Явно никакого отношения к древолазанию не имел гиганторараптор, которого обнаружили на территории Китая в 2003 г. (поздний мел, между 89,3 млн и 65,5 млн лет назад). В длину это чудовище имело 8 м, в высоту 3,5 м при горизонтальном положении туловища и весило около 1 400 кг. Отпечатков перьев не нашли, но большое анатомическое сходство с близким родственником велоцираптором позволяет предположить их наличие. Вероятно, гиганторараптор был самым быстрым бегуном в своем размерном классе.

Казалось бы, все складывается удачно для наземной теории, но ее принимают со скрипом. Все дело в том, что при адаптации к бегу и к полету центры тяжести распределятся совершенно по-разному, и, на первый взгляд, каждый шаг в сторону специализации к бегу удаляет от полета. Если с древесной теорией все сравнительно просто, недоптички прыгают себе с ветки на ветку, а перья у них из поколенья в поколенье потихоньку растут и усложняются, то для перехода к полету из наземного образа жизни по идее нужен какой-то качественный скачок. Были созданы модели, где предки птиц бегали по склонам холмов под определенным углом, а также комбинированные теории, в которых они несколько раз переходили от наземного образа жизни к древесному и обратно, постепенно накапливая нужные адаптации.

Эпидекситерикс

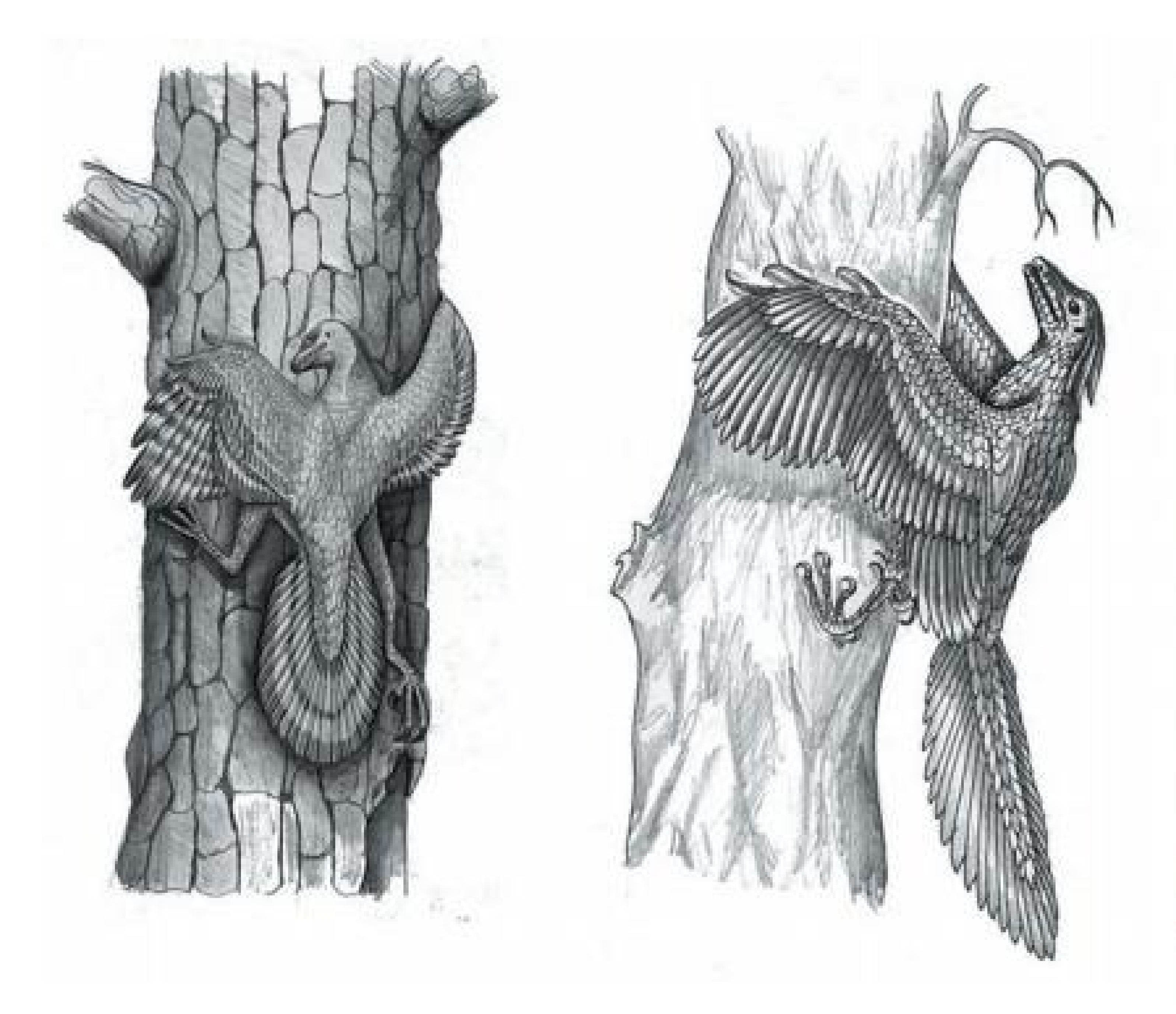
Спор между «древесниками» и «наземниками» ведется очень давно, еще с тех времен, когда и изучать-то толком было некого, кроме легендарного археоптерикса. Название этого существа, обитавшего около 150 млн лет назад и впервые описанного еще в середине XIX в., переводится как «первоптица». В ранних реконструкциях изображают, как он лазает по древесному стволу, цепляясь когтями как передних, так и задних конечностей. Но более детальное изучение его анатомии показало, что задние конечности архиоптерикса гораздо лучше адаптированы к бегу, чем к такому способу передвижения.

С тех пор палеонтологи откопали множество новых находок, которые изрядно усложнили картину. В 1981 г. случилось сенсационное открытие, полностью изменившее представления об эволюции пернатых. Были открыты существа, которые, на первый взгляд, очень похожи на птиц. Причем не на каких-нибудь страусов или киви, а на нормальных летающих птиц. Только вот если рассматривать их анатомию в подробностях, то там все устроено настолько непохоже на настоящих птиц, что их назвали энанциорнисами — в переводе с греческого «противоптицами». Например, сочленение между двумя главными костями плечевого пояса — лопаткой и коракоидом — у энанциорнисов образовано выступом на коракоиде и выемкой на лопатке, а у обычных птиц — наоборот. Пяточный сустав у обычных птиц проходит внутри предплюсны (между разными рядами ее костей), а у энанциорнисов — между предплюсной и плюсной. То есть развитие энанциорнисов и предков современных птиц шло параллельно и независимо. В настоящее время ископаемые останки энанциорнисов найдены на всех континентах за исключением Антарктиды, всего около 80 видов, хотя, возможно, это число сократится. Многие виды представлены очень небольшими фрагментами, следовательно, не исключено, что некоторые фрагменты потом признают принадлежащими одному виду. Энанциорнисы доминировали среди летающих позвоночных мелового периода, но почему-то вымерли вместе с динозаврами.

В 1995 г. китайские палеонтологи описали еще один вид летающих мезозойских пернатых, который получил имя «конфуциорнис» в честь великого философа. Возраст находки составлял приблизительно 120–125 млн лет. При ближайшем рассмотрении стало ясно, что этот вид не относится ни к настоящим птицам, ни к энанциор-



Велоцираптор



Так менялись представления о передвижении археоптерикса



Современная реконструкция археоптерикса

нисам. Причем эта ветвь отпочковалось от общей линии несколько раньше, чем пути птиц и «противоптиц» окончательно разошлись. На сегодняшний день представителей рода конфуциорнисов известно пять разных видов. У конфуциусорниса была необычайно большая плечевая кость, а плечевое сочленение обращено вбок, а не повернуто слегка вверх, как у современных птиц; это означает, что конфуциусорнис не мог поднимать крылья над спиной и,следовательно, к машущему полету не был способен. Но в воздухе он держался очень недурно и, возможно, владел некоторыми летательными техниками, современным птицам недоступными.

Еще одно очень интересное ответвление — анхиорнисы, четырехкрылые птицы. Они жили несколько раньше архиоптерикса, 155–151 млн лет назад. Контурные перья на ногах анхиорниса располагались упорядоченно и образовывали большие плоские поверхности, которые, несомненно, влияли на аэродинамические свойства животного. Как именно использовались эти дополнительные плоскости — для планирования, маневрирования или, допустим, торможения — точно неизвестно. Едва ли эти пернатые динозавры могли активно махать своими «задними крыльями» — скелет их задних конечностей не приспособлен для таких движений, — но они могли разворачивать ноги таким образом, чтобы перья помогали планировать.

В 2003 г. в нижнемеловых отложениях провинции Ляонин — там же, где нашли анхиорниса, но значительно выше по разрезу — был обнаружен четырехкрылый динозавр микрораптор. Он жил намного позже археоптерикса, около 125 млн лет назад. В 2005 г. был описан еще один динозавр с крупными перьями на ногах — Pedopenna, живший одновременно с археоптериксом или, возможно, чуть раньше. Он известен только по остаткам оперенных задних конечностей.

Таким образом, даже успешные попытки приспособить перья для полета случались в истории земной биосферы не единожды, хотя в итоге эта ниша оказалась занята представителями одной линии — настоящими веерохвостыми птицами. Собственно, с человеком разумным та же история. Антропологи полагают, что разные представители рода Homo пересекали линию, позволяющую гордо именоваться сапиенсами, от трех до восьми раз. Но сейчас на Земле обитает один-единственный вид.



Анхиорнис



Микрораптор

# Космический ядерный транспортно-энергетический модуль

## Новые возможности в изучении космоса

Осенью прошлого года в Сети неожиданно появились фотографии из КБ «Арсенал» с элементами конструкции транспортно-энергетического модуля (ТЭМ). Стало ясно, что работы над ТЭМ в Российской Федерации продолжаются.

Собственно, что такое ТЭМ? Это космический ядерный транспортно-энергетический модуль, или по-простому ядерный буксир, который в первую очередь предназначен для буксировки спутников на высокоэнергетические орбиты и осуществления межпланетных миссий. В основе этого буксира лежит ядерный реактор, который вырабатывает электроэнергию для питания электроракетных двигателей (ЭРД).

О том, что работы над ТЭМ ведутся в России, было известно довольно давно, но они практически не освещались в средствах массовой информации, поэтому широкая общественность об этом ничего не знает. А работы эти, разумеется, начались не на пустом месте и, чтобы лучше понять, что же сейчас происходит, необходимо вернуться, с одной стороны, в не такое уж далекое, а с другой — не в такое уже теперь и близкое прошлое.

Первое постановление ЦК КПСС и Совмина о разработке тяжелой ракеты-носителя, использующей ядерный ракетный двигатель (ЯРД), вышло 30 июня 1958 г. Этот документ также предусматривал разработку носителей с использованием криогенных жидкостных ракетных двигателей. В подготовке этого постановления участвовали С. П. Королев, М. В. Келдыш, В. П. Глушко, И. В. Курчатов — первые лица советских космической и атомной программ. В тот период Глушко заинтересовала идея ЯРД, и он организовал проектные работы на эту тему совместно с НИИ-1 (ныне — Центр Келдыша). Королев в ОКБ-1 дал поручение изучить возможность создания ракеты с использованием ЯРД. Важно не путать ЭРД и ЯРД. В последнем сильно разогретое рабочее тело, пройдя через активную зону реактора, выбрасывается в космос через сопло и создает тягу. Принцип работы ЭРД основан на преобразовании электрической энергии в направленную кинетическую энергию истекающих частиц, создающих тягу. В 1959 г. были проведены расчеты и исследованы различные варианты тяжелых ракет-носителей, в том числе с кислородно-водородными жидкостными ракетными двигателями и ЯРД. В СССР испытания проводились вплоть до 1989 г. На Семипалатинском полигоне был построен исследовательский графитовый реактор — ИГР, стендовый комплекс Байкал-1 с исследовательским высокотемпературным газовым реактором ИВГ-1 и двумя рабочими местами для отработки изделий. Запуск первого отечественного прототипа ЯРД — реактора ИВГ-1 — состоялся в 1975 г. В 1970-е и 1980-е гг. на нем

**Автор — Олег Рязанцев**

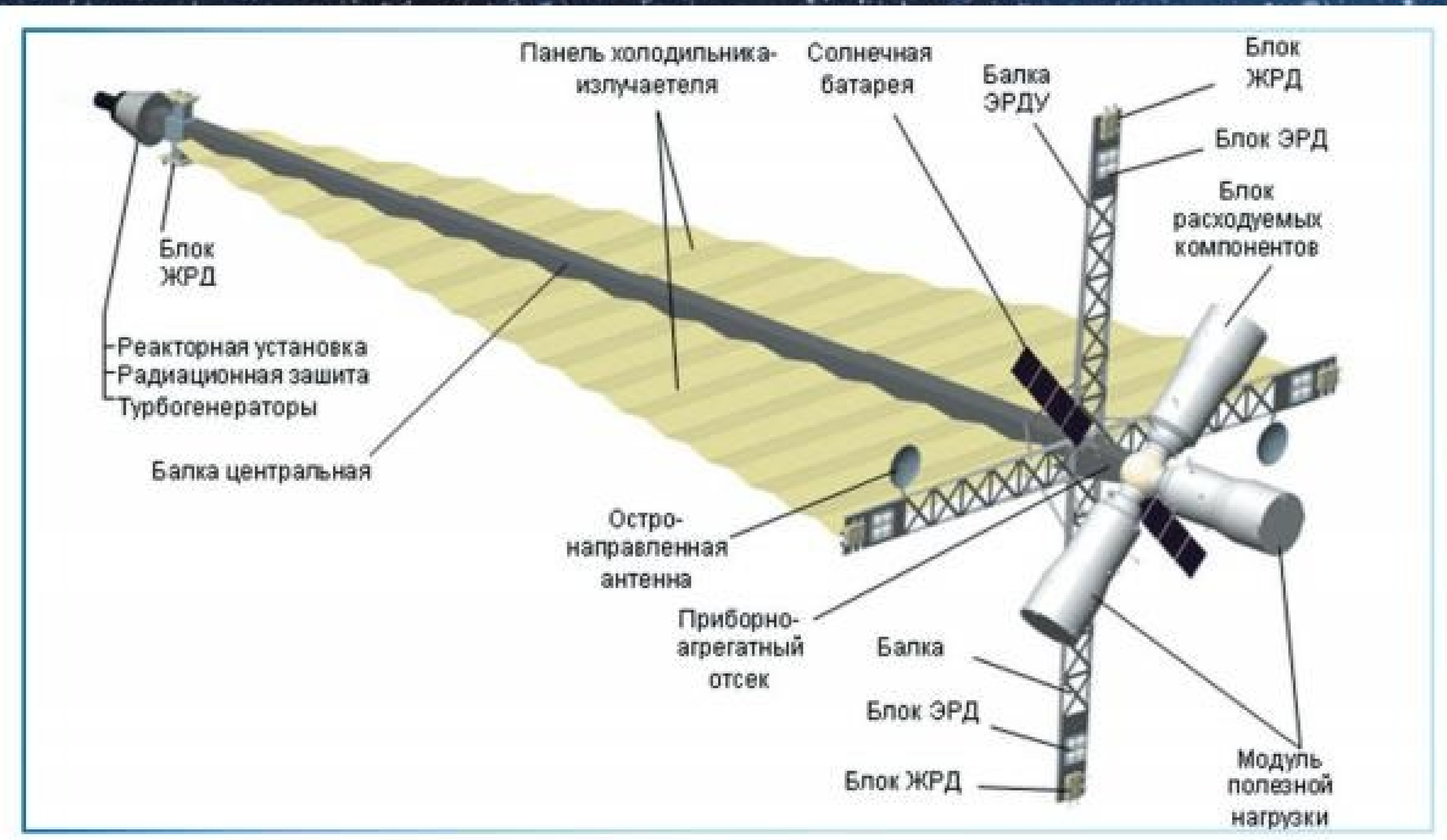
были проведены представительные ресурсные испытания основных узлов реакторов ЯРД. Тем не менее в космос ЯРД так и не отправились.

Но зато успешнее оказались способы вырабатывания электроэнергии с помощью ядерных реакторов и радиоизотопных термоэлектрогенераторов. В 1970 г. были начаты наземные испытания ядерной энергоустановки (ЯЭУ) «Топаз» с термоэмиссионным преобразователем и осуществлен запуск первого космического аппарата с ЯЭУ «Бук» на основе термоэлектрического преобразователя. Всего с 1970 по 1988 гг. Советский Союз вывел в космос 32 космических аппарата УС-А с ядерной энергоустановкой, включающей реактор и термоэлектрический преобразователь и два космических аппарата «Плазма» с термоэмиссионной ядерной энергоустановкой.

Постановлением Правительства РФ № 144 от 2 февраля 1998 г. была принята Концепция развития космической ядерной энергетики в России. Она предусматривала создание научно-технического задела, обеспечивающего возможность разработки после 2010 г. реакторных ЯЭУ мощностью порядка 100 кВт и реализации с их помощью широкого круга миссий как в околоземном космосе, так и в межпланетном пространстве.

В конце апреля 2011 г. «Роскосмос» объявил открытый конкурс на выполнение опытно-конструкторских работ в рамках создания ЯЭДУ, многофункциональной платформы на геостационарной орбите и межпланетных космических аппаратов. Победителем конкурса 25 мая того же года стал НИКИЭТ, входящий в систему «Росатома», и с ним был заключен государственный контракт стоимостью ₽805 млн сроком действия до 2015 г. на создание стендового образца установки. Так НИКИЭТ стал головной организацией, отвечающей за разработку собственно ядерного реактора. В кооперацию также были включены Подольский научно-исследовательский технологический институт, РНЦ «Курчатовский институт», Физико-энергетический институт в Обнинске, НИИ НПО «Луч», НИИ атомных реакторов (НИИАР) и ряд других предприятий и организаций. В марте 2013 г. завершилось эскизное проектирование ТЭМ. Его результаты позволили в том же году перейти к этапу рабочего проектирования и изготовления оборудования и образцов для автономных испытаний. Начались испытания и отработка технологий теплоносителя на исследовательском реакторе МИР в НИИАР (г. Димитровград), где установлена петля для испытаний гелий-ксенонового теплоносителя.

Макет ТЭМ, а также его отдельных элементов, таких как турбокомпрессор-генератор и полноразмерный

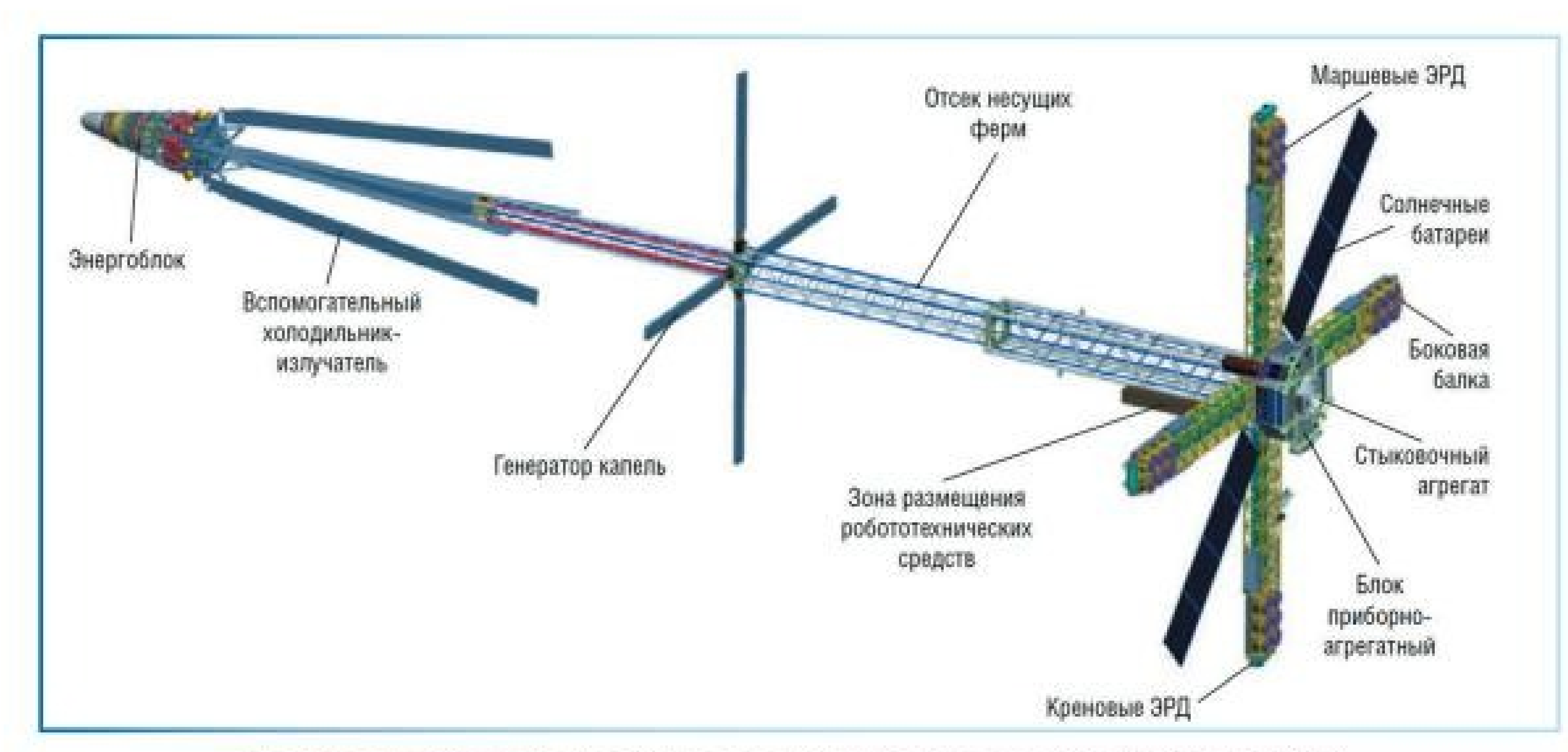



Проект Центра Келдыша и РКК Энергия 2009 г.




| ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ | |
|---|---|
| Масса, кг | 20290 |
| Габаритные размеры (рабочее положение), м | 53,4 х 21.6 х 21.6 |
| Электрическая мощность ЭБ, МВт | 1,0 |
| Удельный импульс ЭРД, км/с | не менее 70,0 |
| Мощность ЭРД, МВт | не более 0,94 |
| Суммарная тяга маршевых ЭРД, Н | не менее 18,0 |
| Ресурс, лет | 10 |
| Средство выведения | РН «Ангара-А5» |

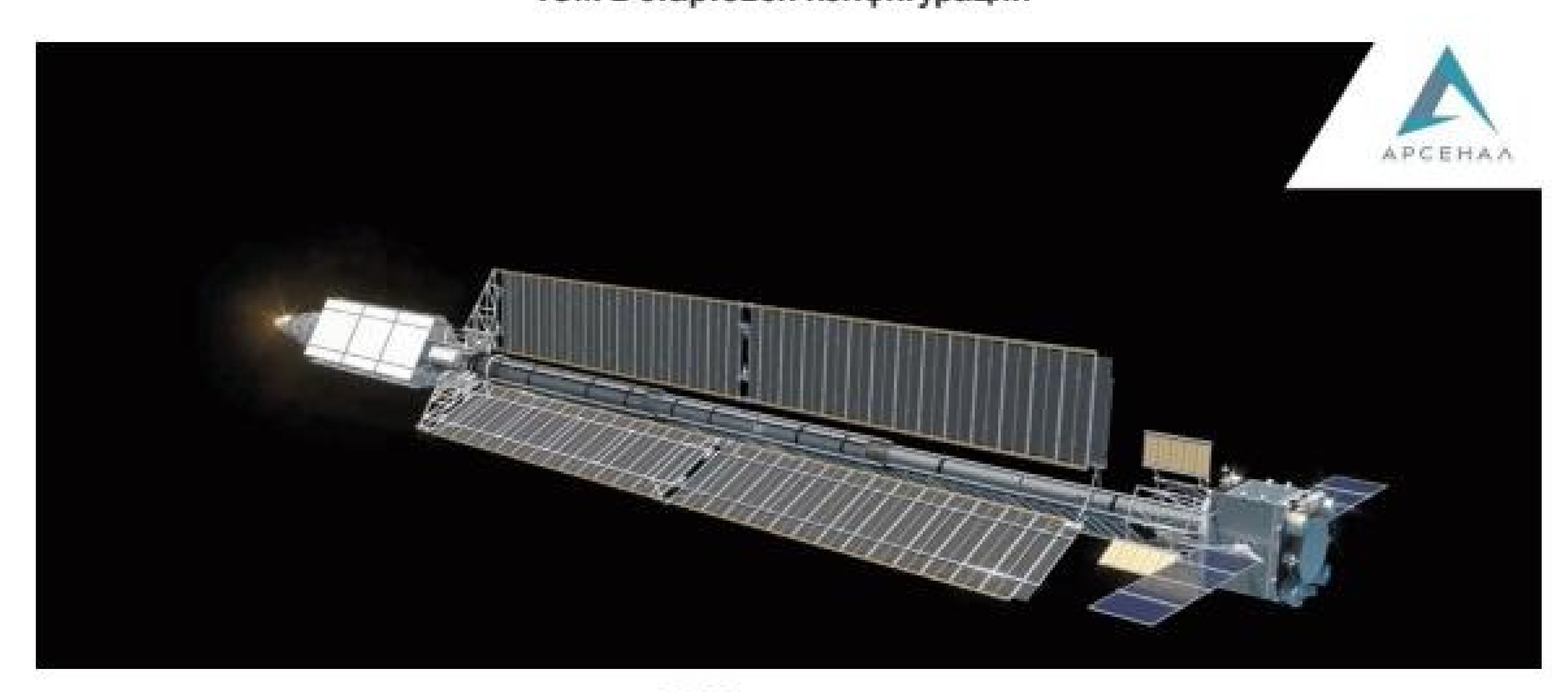
Проект ТЭМ 2012 г.




Проект ядерного транспортно-энергетического модуля (НК №5 2013)




**ТЭМ в стартовой конфигурации**




**ТЭМ в космосе**

ЭРД, демонстрировались на стенде Центра Келдыша на «МАКС-2013». ЭРД на тот момент уже проходил испытания. Его рабочим телом был ксенон. Рассматривались и другие варианты, например металлы — литий и натрий. Но с ними двигатель менее экономичен, а проводить наземные испытания на таких ЭРД очень сложно. Тогда планировалось, что прототип должен быть создан к 2018 г. Изначально за весь ТЭМ отвечала РКК «Энергия», но позднее корпорация вышла из проекта. В 2014 г. стало известно, что в создании ТЭМ участвует петербургское КБ «Арсенал».

В 2018 г. на сайте госзакупок сообщалось, что наземные испытания системы охлаждения ЯЭДУ прошли в октябре 2018 г. и что «работы выполнены в полном объеме. Результаты соответствуют требованиям технического задания». Также в документации уточнялось, что «изготовлены и испытаны экспериментальные образцы генератора капель и элементов заборного устройства». Выполнена программа экспериментальных исследований модели капельного холодильника-излучателя. Они являются составными частями системы охлаждения — ключевого элемента ТЭМ.

В ТЭМ планировали использовать высокотемпературный газоохлаждаемый реактор на быстрых нейтронах, в котором тепло преобразовывалось в электричество с помощью газовых турбин и электромеханических генераторов. Для этого планировали использовать смесь инертных газов. При всем этом вырабатывается много тепла, соответственно, установку нужно охлаждать. Тепло нужно отводить во внешнее космическое пространство, и только в виде излучения. Традиционным решением являются выносные панельные радиаторы, по трубам которых циркулирует жидкость-теплоноситель, «сбрасывающая» лишнее тепло в космос. Недостатком такого решения являются большие размеры и вес, а также, учитывая большую площадь, они довольно уязвимы для попадания метеоритов. Поэтому было решено использовать капельный холодильник-излучатель. В нем жидкость не циркулирует в трубах, а распыляется в виде капель прямо в открытое космическое пространство, там отдает тепло, а затем улавливается заборным устройством и проходит цикл заново. Так жидкость охлаждается быстрее, что повышает эффективность охлаждения, а сама конструкция легче. Но нередко в теории все работает хорошо, а когда доходит до реального воплощения, начинаются проблемы. В 2014 г. на МКС был проведен эксперимент «Капля-2». Он заключался в экспериментальном исследовании гидродинамики и теплопередачи монодисперсных капельных потоков в условиях микрогравитации глубокого вакуума применительно к капельным холодильникам-излучателям космических аппаратов. Штатная работа продолжалась 39,5 с, после чего была

**Макет ТЭМ с ЯЭДУ мегаваттного класса на авиасалоне МАКС-2013**



**Макет ТЭМ на авиасалоне МАКС-2019**



Агрегатный отсек на мощностях КБ «Арсенал»



Центральная балка ТЭМ на мощностях КБ «Арсенал»

зафиксирована внезапная остановка вращения ротора активного заборника капель. Ввиду нештатного завершения сеанса эксперимента дальнейшие сеансы были посвящены проверке его работоспособности. Очевидно, что эксперимент прошел не совсем так, как планировалось. Стала ли причиной прерывания эксперимента чисто механическая неполадка или проблемы более глубокого характера, неясно, так как в открытом доступе материалов на этот счет автору статьи найти не удалось. Плюс, по некоторой информации, турбины «не выдали» необходимый ресурс.

В любом случае создание такой сложной и передовой техники таит в себе множество проблем и сложностей. Как бы то ни было, на авиасалоне «МАКС-2019» был представлен макет ТЭМ в переработанном виде. В КБ «Арсенал» заменили турбину на термоэмиссионный преобразователь, а капельный холодильник-излучатель — на традиционные радиаторы.

В сентябре 2020 г. проект ТЭМ официально получил название «Нуклон», а в декабре «Роскосмос» заключил с КБ «Арсенал» контракт стоимостью ₽4,17млрд на разработку аванпроекта по созданию космического комплекса с ТЭМ на основе ЯЭУ (ОКР «Нуклон-АП»). Первый замглавы «Роскосмоса» Юрий Урличич сообщал, что опытные образцы ЯЭУ должны быть готовы в 2025 г. Первый полет ядерного буксира планируется на 2030-е гг.

Если раньше ТЭМ обозначался как «мегаваттного класса» (в самом первом варианте указывалась выходная электрическая мощность 900 кВт), то согласно новому контракту ЯЭУ должна иметь шесть режимов работы, а на максимальном выходная электрическая мощность должна составлять 480 ± 20 кВт. Задачей космического комплекса «Нуклон» названы межорбитальная транспортировка полезной нагрузки на орбиту искусственного спутника Луны и выполнение программы ее научных исследований. Но также указана проработка возможности исследования Венеры и спутников Юпитера, а также других тел Солнечной системы, для которых использование ТЭМ предпочтительнее использования традиционных космических средств.

По сравнению с аппаратами, использующими жидкостные ракетные двигатели, транспортные системы на основе ЯЭДУ обладают значительно лучшими энергомассовыми показателями. Их стартовая масса на околоземной орбите вчетверо меньше. Это позволяет использовать для их запуска ракеты-носители тяжелого, а не сверхтяжелого классов, что значительно дешевле. К тому же последней в РФ на сегодня нет. Как уже упоминалось, ТЭМ с ЯЭДУ предназначен для буксировки спутников на высокоэнергетические орбиты и межпланетных миссий. Но это, что называется, прямо сейчас. В чуть более отдаленной перспективе с использованием ЯЭДУ можно будет создать комплекс по производству в космосе материалов, аппарат для очистки орбит от вышедших из строя космических аппаратов и отработавших ступеней ракет, аппарат для «заправки» электроэнергией спутников на орбите и т. д. Особенное значение имеет применение ТЭМ в межпланетных миссиях, ведь ЯЭДУ обеспечивает независимость вырабатываемой мощности от освещенности орбиты, ориентации аппарата и удаленности от Солнца. Также ЯЭДУ дает возможность реализации высокой мощности, при которой ЯЭДУ обладают неоспоримыми преимуществами по сравнению с солнечными энергетическими установками в части массогабаритных и динамических характеристик, лучшими показателями по стоимости, а также превосходят их по радиационной стойкости в процессе эксплуатации.

Но создание подобной техники является сложной задачей, настолько, что даже Россия, лидерство которой в ядерной сфере сегодня признают даже конкуренты, сталкивается с проблемами, которые не позволили получить готовый буксир в относительно короткий срок. И это при том, что имеется опыт десятилетий, не только теоретический, но и практический. Однако мы видим, что работы ведутся весьма настойчиво и отказываться от реализации планов создания ядерного буксира никто не собирается. А значит, все-таки есть шанс, что через какое-то время буксир будет построен и выведен в космос и для человечества откроются новые возможности в его изучении. 




Летчик Гудьир Киркхем у первого истребителя Томас-Морзе МВ-3, построенного для авиации Корпуса морской пехоты США, — снимок сделан ориентировочно в 1921 г. *flickr.com*

# КАК СДЕЛАТЬ **АМЕРИКУ ВЕЛИКОЙ?**

Одним из следствий Версальского мира стало закрепление Японии в бывших немецких владениях в Китае. И хотя считается, что Конгресс США отказался его ратифицировать из-за чистой казуистики и заключенный Америкой и Германией отдельный пакт 21 августа 1921 г. был калькой с Версальского, непримиримость противоречий между победившими в Империалистической войне державами более скрыть было невозможно. Теперь для них был лишь один путь — кто-то должен был поступиться своими интересами, проиграв следующую войну или из страха перед нею, и он неизбежно станет вассалом главного победителя вместе с его союзниками.

Едва появившись, Североамериканские Соединенные Штаты стали претендовать на роль великой державы — сначала на своем континенте, отбросив указание на свое расположение в северной его части и став именоваться просто США. В 1823 г. президент Монро провозгласил всю Америку зоной своих интересов, на словах поддержав независимость ее государств, а на деле дав начало экономической, политической и военной агрессии против них. В 1904 г. президент Теодор Рузвельт объявил себя «международной полицейской силой» в Латинской Америке. В 1922 г. президент Гардинг, воспользовавшись головокружительными успехами экспансионистской политики своего предшественника Вильсона, добился международного одобрения на вмешательство США в дела «слабых стран». Это при нем был подписан Договор девяти держав, провозглашавший суверенитет Китая, но открывший двери туда и на острова Тихого океана.

Но ради чего все это? Избирателю объясняли: там, в большом открытом мире, есть все необходимое для его блага. Но пока американская армия могла разве что сгонять индейцев с их земель да воевать с мексиканцами, в моде была доктрина изоляционизма — США не лезут в европейские дела, Европа не мешает США в Америке — она для американцев! Обывателю казалось, что так федеральная администрация и корпорации сосредотачиваются на подъеме собственной экономики за счет внутренних ресурсов, ведь Америка такая большая и богата всем. Будем больше работать — меньше воевать, больше

**Автор — Сергей Мороз**

**хлеба с маслом — меньше цинковых гробов. Но разница между изоляционистами и их противниками была лишь в границах видимых ими сфер влияния США — последние их просто не признавали.**

**Как же взять то, что тебе не принадлежит? Самый простой и быстрый способ — военная сила, потому противников изоляционизма иногда называли интервенционалистами, и хотя сами они отвергали это определение, но вооруженное вторжение было главным способом достижения их целей.**

**Окончание первой в истории мировой войны ознаменовало новый этап развития американского интервенционализма — он получил такие вооруженные силы, которые могли вести боевые действия против самой развитой мировой державы. Теперь противниками Америки были Великобритания, Франция, Япония и Россия, причем в любом ее виде — тот же Гардинг был категорически против признания России Советской, но и вполне капиталистическую «Дальневосточную Республику» на Вашингтонскую конференцию не пустил. «В тылу» оставались Италия, Голландия, Испания, разоруженная пока Германия.**

**Этих противников следовало победить, втянув в союзы, где они займут подчиненное положение, либо разгромить в войне. А она, как показал недавний опыт, лучший способ организации таких союзов. При Вильсоне американская дипломатия добилась здесь многого, но смогла бы она так, если бы за ее спиной не стояли армия, флот и морская пехота? Теперь всем этим трем главным видам вооруженных сил США требовалось придать новый род войск — авиацию.**

## МОЖЕТ ЛИ АМЕРИКА ДЕЛАТЬ ИСТРЕБИТЕЛИ?

Американская авиация впервые вступила в бой в Мексике, но заявила она о себе в небе Великой войны в Европе. По ее итогам был сделан вывод о главенстве бомбардировщиков, но свободу действий им должны были обеспечить истребители.

В начале 1918 г. Дивизион аэронавтики Корпуса связи Армии США был преобразован в Воздушную службу — United States Army Air Service, или USAAS, подчиненную напрямую командующему Армией. Это позволяло присваивать комсоставу более высокие воинские звания, но не добавляло ни самостоятельности, ни стимулов к лучшему исполнению своих обязанностей. В американской авиации все по-прежнему держалось на энтузиазме отдельных начальников вроде Уильяма Митчелла, имевшем, впрочем, вполне практический смысл — делать собственную карьеру, добиваясь усиления той «конторы», в которой служишь.

В Администрации президента и в Конгрессе становилось все больше людей, связанных с растущей военной промышленностью, но пока в строительстве авиации четкой национально ориентированной политики не было. Весной 1918 г. вышло решение о разработке собственных военных самолетов всех классов, но уже летом постановили купить лицензии за границей. Финансисты США, хотя и остались, в отличие от своих европейских партнеров, в чистом выигрыше от войны, не видели пока выгоды во вложении денег в авиапром, предпочитая автомобили, железнодорожный транспорт и судостроение.

Тем не менее на родине аэроплана в Америке уже работали полноценные авиазаводы. Пусть они и отставали от европейских, многого еще не умели, но этот недостаток старались исправить, передовые аэродинамические, конструктивные и технологические решения заимствуя.

В январе 1917 г. не вылезавшая из долгов компания «Братья Томас» в городке Итака в штате Нью-Йорк пошла на слияние с фирмой «Морзе», спонсируемой миллионером Г. Вестингаузом. Чтобы поправить финансовое положение, руководство предприятия и инвесторы решили воспользоваться острой нуждой в учебных самолетах. Дивизион аэронавтики выпустил Технические требования № 4 к такой машине, и проектируемый самолет был назван School No.4, или S.4. Проект вел Бенджамин Томас, сохранивший хорошие связи в Великобритании, откуда приехал. Он перенял многое из знакомых ему английских самолетов Сопвич «Таблоид» и «Шнейдер», а также французских Ньюпор 11.

Биплан S.4 был построен без вооружения на заводе в Итаке в июне 1917 г. и в том же месяце испытан летчиком П. Вильсоном. Устойчивость, управляемость и обзор были хороши, а скорость 153 км/ч сочли достаточной. Испытания не выявили каких-либо существенных недостатков по технике пилотирования, прочности и надежности и самолет приняли на снабжение учебных частей армейского Дивизиона аэронавтики и Авиации ВМС.

Завод «Томас-Морзе» построил 12 серийных S-4 в первом варианте, 110 модифицированных S-4B с мотором Гном В-9 («Моносупап» 9В американского производства), 471 облегченный S-4C с 80-сильным Рон 9-С, шесть поплавковых S-5 и один гражданский S-4E для тренировки спортсменов. Итого фирма сделала 601 самолет, цена самого массового и дешевого варианта 5 400 долл. (сегодня это более 85 тысяч за маленький фанерно-полотняный самолетик) была выгодной, но фирма хотела большего — «Скаут № 4» был всего лишь учебной машиной.



**Летчик-инструктор авиашколы Авиационной службы Армии США лейтенант Эрл Кэролл у учебного истребителя Томас-Морзе S-4 «Скаут» с пулеметом Рокуэлл-Марлин М1917.** ***mission4today.com***

Между тем, поймав момент, когда среди конгрессменов возобладало желание дать денег на истребитель для Американского экспедиционного корпуса в Европе отечественному производителю, «отхватила» заказ уже известная рядом тренировочных аэропланов фирма «Стандарт Эйркрафт Корпорэйшн» из городка Плейнфилд в Нью-Джерси. Она также оперлась на заграничные прототипы, сделав гибрид английского Сопвич «Пап» и «французов» Анрио HD.1, а также Ньюпора 17 в модификациях С1 и bis.

Проектирование заняло более полугода и за это время настроение законодателей поменялось — они решили купить самолеты за рубежом, а строящийся истребитель Стандарт Тип Е переквалифицировали в перехватчик «М-Дифенс» для противовоздушной обороны США — интересно, от кого они собирались защищаться? Первый был построен и облетан без вооружения в январе 1918 г., показав плохую устойчивость и управляемость, слабую жесткость бипланной коробки, низкие летные данные, неудобство кабины, мотоотсека и фюзеляжа. На второй машине требовалось все претензии устранить, но финансирование третьего и четвертого опытных образцов отозвали.

Фирма поняла, что если и дальше будет работать, как на первой машине, лишится заказа вообще, и уже весной выдала дублер с улучшенной прочностью, переделанным мотоотсеком и новым оперением, которое сделало самолет вполне послушным воле пилота. Мотор Рон С-9 заменили Гномом В-9, но добавки 20 сил было мало, поэтому машину приняли только как учебную под обозначением Е-1.

В августе 1918 г. пошли поставки серийных самолетов, к концу года их сдали 168 и уже летом в летных школах USAAS тренировочных истребителей хватало. Но вот парадокс — прибывающие в эскадрильи американской авиации в Европе молодые летчики в большинстве своем на таких самолетах не летали и к пилотированию истребителей готовы не были — их надо было доучивать на месте на «Сопвичах» и «Ньюпорах», покупая их у англичан и французов.




**Самолет Стандарт «М-Дифенс» был предложен как истребитель, но переквалифицирован в легкий перехватчик, а принят на вооружение как учебный самолет.** ***Источник: U.S. National Archives and Records Administration***



**Серийный учебно-тренировочный истребитель Оренко Тип С — американский гибрид французских Ньюпор 17bis и SPAD VII с английским «Полуторастоечным Сопвичем».** ***airwar.ru***

## ДРУГОГО ВЫХОДА НЕТ

Когда война в Европе закончилась, Военный департамент США понял, что не может вывезти все приобретенное вооружение, и надо было делать новые самолеты дома. Но Минфин «встал на дыбы» в вопросе оплаты лицензий для выпуска вооружений зарубежных конструкций в США, к тому же они быстро устаревали, а новые пока не разрабатывались. Волей-неволей пришлось возвращаться к вопросу о самостоятельном создании истребителей, используя имеющийся задел, в который уже были вложены деньги.

С 1917 г. такую работу вела «Оружейная инжиниринговая корпорация» (Ordnance Engineering Corporation, или сокращенно «Оренко») в г. Болдуин в штате Лонг-Айленд. Под руководством французского инженера Этьена Дормуа, который ранее служил на заводе SPAD и был направлен в США для оказания технической помощи в разработке и освоении серийного производства боевых самолетов в составе «Французской авиационной миссии», был сделан симпатичный самолетик по мотивам Ньюпора 17bis, SPAD S.VII и «Полуторастоечного Сопвича». Единственным его оригинальным решением была установка пулеметов без синхронизаторов — одного над верхним крылом и двух под нижним вне диска винта.

В начале 1918 г. опытный образец истребителя Оренко В «Скаут» был облетан, показав приличные летные данные, но ненадежный 150-сильный Гном 9N заказчик потребовал заменить, а вооружение не было установлено. В конце концов для USAAS было куплено только пять самолетов Модель С, которые с моторами Рон 9-С годились только в учебные.

Взамен фирме заказали новый истребитель Модель D по типу английского RAF S.E.5a, но с гораздо боле мощным мотором Райт-Испано Н — копией французского H.S.42 мощностью 300 л. с. Копировать прототип не стали, но и изобретать свое не рискнули, просто «добавив в коктейль» элероны с роговой компенсацией от немецкого Пфальц D XII, фюзеляж по образу и подобию Альбатроса D III с упрощением формы, основное оперение «типа рыбий хвост» сделали, как на Пфальце D III, а подфюзеляжный киль скопировали с Альбатроса D V. В носу поставили два новейших пулемета Браунинг M1919 калибра 7,62 мм — американских, но синхронизаторы были импортные.

В январе 1919 г. Кларенс Коумбс облетал первый Оренко D, заявив, что «этот самолет лучше, чем Сопвич «Кэмел» и «Снайп», «Томас-Морзе», «Ньюпор», «Моран Парасоль» SPAD и S.V.A.», — очевидно, он имел в виду отечественный опытный МВ-3, французские Ньюпор 28, Моран Тип AI, SPAD S.XIII и итальянский одноместный Ансальдо SVA.5 «Примо». Новый самолет значительно превзошел RAF S.E.5a в скорости и скороподъемности, вертикальной маневренности и по разгонным качествам, уступая на вираже и по угловым скоростям крена. Элероны оказались перекомпенсированы, а курсовую устойчивость и управляемость оценили как недостаточные, отметив перегрев мотора, полностью закрытого не совсем удачным капотом, и воздействие на голову пилота сильно возмущенного потока воздуха.




**Второй опытный образец истребителя Томас-Морзе Т-М — прототип серийного МВ-3, на котором был выполнен основной объем испытаний.** ***libraries.wright.edu***



**Серийный истребитель МВ-3 выпуска завода «Томас-Морзе» в Итаке.** ***flickr.com***

Замечания были оперативно устранены на втором опытном образце с новыми капотом, элеронами без роговой компенсации, «кабаном» крепления верхнего крыла, ветровым козырьком, заголовником и оперением. Управление по крену сделали, как на SPAD XIII, но замыкающие тяги шли не вертикально вдоль внешних межкрыльевых стоек, а под углом к ним, что ухудшило их обтекаемость.

Идеалом самолет Оренко D не стал, но в 1920 г. его приняли на вооружение, и был открыт конкурс предложений на серийное производство. Заказ на выпуск 50 самолетов получала фирма, цена продукции которой будет самой дешевой. При этом разработчик должен был поставить производителю весь пакет документации со всеми введенными во второй опытный образец доработками на условиях лицензионного соглашения, предусматривающего его оплату и роялти за каждый проданный экземпляр. Испытательная служба USAAS передавала производителю оба первых опытных самолета в качестве технологических образцов, а на двух оставшихся, оплаченных из бюджета, разработчик должен был продолжить устранение недостатков и дальнейшее совершенствование самолета: № 3 стал гибридом первого и второго, а № 4 превратился практически в новый тип, названный D-2.

## АМЕРИКАНСКИЕ ИСТРЕБИТЕЛИ ЕСТЬ!

Конкурс выиграла фирма «Кертисс» из города Буффало в штате Нью-Йорк — в то время это было старейшее, самое большое и хорошо оснащенное авиастроительное предприятие США. Там самолету было присвоено свое обозначение Кертисс Модель 25.



**Истребители Томас-Морзе МВ-3 на авиабазе Квантико в 1922 г., за ними стоят разведчики и ближние бомбардировщики Воут VE-7 и де Хэвилленд DH.9 .** ***flickr.com***

Хотя он должен был строиться по образцу второго опытного, но по конструкции соответствовал первой машине с увеличенными крыльями, установленными с положительным углом поперечного V для лучшей устойчивости на вираже и более емкой топливной системой. Для устранения перегрева мотора на серийных машинах просто не ставили крышки капота над блоками цилиндров, заодно сэкономив на них, зато существенно улучшили вооружение — один из пулеметов M1919 винтовочного калибра поменяли на Кольт-Браунинг M1921. Впервые установка оружия калибра 12,7 мм была предусмотрена на истребителе сразу, а не в порядке доработки произведенных машин или как единичная модификация.

Головной серийный самолет 21 августа 1921 г. был облетан, и к рождеству весь заказ сделали. По сравнению с первой опытной машиной скорость упала на 5 %, но улучшились дальность и продолжительность полета. Однако самолетам Оренко-Кертисс D стать родоначальниками американской истребительной авиации не удалось — в строевые части они почти не попали — их обошла продукция конкурирующей фирмы.




**Второй серийный истребитель Томас-Морзе MB-3, который использовался как опытный образец модификации MB-3A.** ***flyingmachines.ru***

В марте 1918 г. завод «Томас-Морзе» тоже получил заказ на истребитель под мотор Райт-Испано H. Он снова пошел по пути копирования отдельных решений истребителей Сопвич «Пап» и «Кэмел», SPAD XIII и «Альбатрос» D V, но в окончательном виде новый самолет приобрел все же свой собственный облик.

Хотя после окончания войны проект едва не закрыли, фирма через своих людей в Вашингтоне добилась возобновления финансирования, и 21 февраля 1919 г. первый опытный истребитель T-M поднялся в воздух. Самолет разгонялся до 270 км/ч и набирал высоту 3 048 м за 4,87 минуты, что было неофициальным рекордом среди боевых самолетов США в то время, и хотя замер проводился без вооружения, это произвело на заказчика сильное впечатление.

## Первые истребители американской конструкции на рубеже 1920-х гг.

| Тип и год выпуска | Силовая установка | | | Весовые данные | | | | | | Летные | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Тип двигателя | Мощность взлетная и полетная, л. с. | Граница высотности, м | Пустого, кг | Взлетный, кг | Топлива и масла, кг | Боевой, кг | Полная нагрузка, кг | Весовая отдача, % | Скорость макс., км/ч | Скороподъемность, время набора высоты |
| Томас-Морзе S-4B, 1917 | Гном В-9 | 100 | на уровне моря | 404 | 618 | 136 | 584 | 214 | 34,6 | 153 | 3048 м за 12,0 мин. |
| Томас-Морзе S-4C, 1918 | Гном В-9 | 100 | на уровне моря | 436 | 614 | 123 | 584 | 178 | 29,0 | 161 | 3048 м за 13,0 мин. |
| Томас-Морзе S-4C, 1918 | Рон 9-С | 80 | на уровне моря | 437 | 623 | 123 | 592 | 186 | 29,9 | 150 | 3048 м за 22,0 мин. |
| Стандарт «Дифенс-М», 1918 | Рон 9-С | 80 | на уровне моря | 376 | 519 | 59 | 504 | 143 | 27,6 | 161 | 3048 м за 22,2 мин. |
| Стандарт Е-1, 1918 | Гном В-9 | 100 | на уровне моря | 404 | 578 | 87 | 557 | 175 | 30,2 | 169 | 2896 м за 10,0 мин. |
| Оренко Тип В, 1918 | Гном «Моносупап» 9N | 150 | на уровне моря | 424 | 588 | н. д. | н. д. | 164 | 27,9 | 217 | 1524 м за 3,3 мин. |
| Оренко Тип С | Рон С-9 | 80 | на уровне моря | н. д. | 507 | н. д. | н. д. | н. д. | н. д. | 151 | 1981 м за 9,0 мин. |
| Оренко Тип D опытный, 1919 | Райт-Испано Н | 300 | 2000 | 756 | 1103 | 150 | 1066 | 347 | 31,5 | 237 | 1524 м за 4,3 мин. |
| Оренко Тип D-2 опытный, 1920 | Райт-Испано Н | 300 | 2000 | 610 | 1024 | н. д. | н. д. | 414 | 40,4 | 256 | 1524 м за 4,0 мин. |
| Оренко-Кертисс D серийный, 1921 | Райт-Испано Н | 300 | 2000 | 865 | 1279 | н. д. | н. д. | 414 | 32,4 | 224 | 5,8 м/с |
| Томас-Морзе МВ-3 серийный, 1920 | Райт-Испано Н | 300 | 2000 | 683 | 950 | 110 | 923 | 267 | 28,1 | 245 | 9,8 м/с, 1981 м за 3,9 мин. |
| Томас-Морзе - Боинг МВ-3А, 1921 | Райт-Испано Н | 300 | 2000 | 779 | 1147 | 110 | 1120 | 369 | 32,1 | 227 | 6,3 м/с |

*Примечание: на всех самолетах пулеметы в синхронных установках.*

Но, едва прибыв на официальные испытания, третий опытный самолет 30 марта 1921 г. разбился, а на втором и четвертом образцах выявили серьезные недостатки. На эталонном четвертом самолете оказались плохи устойчивость и управляемость, жесткость фюзеляжа, обзор из тесной кабины, а к силовой установке выставили целый пакет претензий. Были отмечены перегрев и тряска мотора, в жару он быстро терял мощность из-за того, что воздух в карбюратор шел из-под капота, где перегревался. Топливо поступало неравномерно, слишком сложный основной бак тек, а его демонтаж, ремонт и обратная установка были затруднены. Мотор занял почти весь объем мотоотсека, из-за чего к магнето со стороны кабины было не добраться, а наружные люки для этого не предусмотрели. Крепление маслобака выдерживало в среднем 10 часов налета и трескалось.



**Сборка крыльев истребителей Томас-Морзе МВ-3А на заводе «Боинг» в Сиэтле — июнь 1922 г.** ***wikipedia.org***

На этой машине удлинили кабину, сместив назад кресло и раму фюзеляжа, на которой оно крепилось, но борта по-прежнему остались слишком узкими. Поверхностный радиатор охлаждения мотора, вделанный в верхнее крыло, как на истребителе Альбатрос D V, теперь поставили открыто над ним, и он заработал нормально, однако ухудшил аэродинамическое качество машины. Его место занял новый расходный бак. По бортам фюзеляжа пустили дополнительные бимсы, как на самолете Фоккер Dr I.

В таком виде скорость снизилась, но самые опасные дефекты «ушли», и 19 июня 1920 г.

| данные | | Размеры самолета | | | Удельные данные на взлете | | | Удельные данные в полете с боевым весом — 75% топлива | | | | Выпуск | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Потолок, м | Дальность и продолжительность полета | Размах верхнего / нижнего крыла, м | Площадь крыльев, м$^2$ | Длина полная, м | Нагрузка на крыло, кг/м$^2$ | Нагрузка на мощность, кг/л. с. | Отношение мощности к площади крыла, л. с./м$^2$ | Нагрузка на крыло, кг/м$^2$ | Нагрузка на мощность, кг/л. с. | Отношение мощности к площади крыла, л. с./м$^2$ | Количество, тип и калибр пулеметов и калибр пулеметов | Данной модификации | Общий этого типа |
| 4572 | 2,5 ч | 8,230 / 7,295 | 21,740 | 6,172 | 28,4 | 6,2 | 4,6 | 26,9 | 5,8 | 4,6 | не установлено | 110 | 601 всех мод. |
| н. д. | н. д. | 8,077 / 7,772 | 22,290 | 6,045 | 27,6 | 6,1 | 4,5 | 26,2 | 5,8 | 4,5 | не установлено | 50 | |
| н. д. | 2,5 ч | 8,077 / 7,772 | 22,290 | 6,045 | 27,9 | 7,8 | 3,6 | 26,6 | 7,4 | 3,6 | 1 Марлин M1917/1918, 7,62 мм | 415 | |
| 4511 | 2,0 ч | 7,315 / 7,315 | 14,214 | 5,766 | 36,5 | 6,5 | 5,6 | 35,5 | 6,3 | 5,6 | не установлено | 1 | Всего 170 |
| н. д. | н. д. | 7,315 / 7,315 | 14,214 | 5,740 | 40,7 | 5,8 | 7,0 | 39,2 | 5,6 | 7,0 | 1 Марлин M1917/1918, 7,62 мм | 93 | |
| н. д. | 322 км | 7,925 / 7,01 | 16,723 | 5,740 | 35,2 | 3,9 | 9,0 | н. д. | н. д. | 8,4 | не установлено | 1 | 1 |
| 4115 | | 7,925 / 7,01 | 16,723 | 5,715 | 30,3 | 6,3 | 4,8 | н. д. | н. д. | 4,8 | не установлено | 5 | 5 |
| 3795 | 442 км на макс. скорости | 9,144 / 8,534 | 24,248 | 6,553 | 45,5 | 3,7 | 12,4 | 43,9 | 3,6 | 12,4 | 2 пулемета M1919, 7,62 мм | 1 | 54 всех мод. |
| н. д. | 531 км на макс. скорости | 8,534 / 7,925 | 21,739 | 6,553 | 47,1 | 3,4 | 13,8 | н. д. | н. д. | 13,8 | 2 пулемета M1919, 7,62 мм | 1 | |
| 3806 | 550 км на макс. скорости | 10,049 / н. д. | 25,357 | 6,541 | 50,4 | 4,3 | 11,8 | н. д. | н. д. | 11,8 | 1 пулемет M1919, 7,62 мм и 1 M1921, 12,7 мм | 50 | |
| 7224 | 463 км, 2,25 ч | 7,925 / 7,468 | 23,272 | 6,071 | 40,8 | 3,2 | 12,9 | 39,6 | 3,1 | 12,9 | 2 пулемета M1919, 7,62 мм | 50 | Всего 254 |
| 5944 | 463 км, 2,25 ч | 7,925 / 7,468 | 23,272 | 6,071 | 49,3 | 3,8 | 12,9 | 48,1 | 3,7 | 12,9 | 1 пулемет M1919, 7,62 мм и 1 M1921, 12,7 мм | 200 | |

фирма «Томас-Морзе» получила первый заказ на 50 истребителей Т-М под обозначением МВ-3 для USAAS по типу доработанного четвертого опытного, но им пришлось сделать новое оперение. Два 7,62-мм синхронных пулемета Марлин М1919 поставили над капотом, прицел был «Альдис» английского производства или его американская копия. До конца 1921 г. все оплаченные самолеты были поставлены и еще 10 машин сделали для авиации Корпуса морской пехоты США.

Новые самолеты в числе первых получили «заморские» эскадрильи USAAS, размещенные в Панаме, на Гавайских и Филиппинских островах, где теперь пролегали передовые рубежи американской экспансии.

По сравнению с опытным образцом их летные данные значительно ухудшились. Потеря скорости на разных экземплярах была 25 … 45 км/ч, или 10 … 20 % в сравнении с первым опытным самолетом, проявились новые проблемы в силовой установке, и фирме было жестко указано на это. В ответ она предложила модификацию МВ-3А, на которой вместо одного радиатора над верхним крылом установили два сотовых в коробчатых корпусах по бортам фюзеляжа с жалюзи, регулирующими ток воздуха и температуру мотора. Были улучшены топливная система и капот, который почти полностью закрыл крышки блоков цилиндров мотора, а в его лобовой части сделали воздухозаборник карбюратора, и теперь он питался чистым холодным воздухом. Добавили люков обслуживания, одновременно усилив планер, а новая верхняя обшивка фюзеляжа позволила расширить кабину. Вооружение стало смешанным и состояло из одного обычного и одного крупнокалиберного пулеметов.

Военное министерство США приняло МВ-3А на вооружение до его первого полета на основании результатов испытаний доработанного МВ-3 №63332, объявив конкурс производителей, в котором участвовали пять американских фирм, в том числе и «Томас-Морзе». Самую низкую цену предложил «Боинг» — 7 240 долл. за штуку и 1 448 000 долл. за 200 самолетов. Это был самый дорогой заказ для авиации Армии США вплоть до 1937 г., сегодня он стоил бы 20 333 243,28 долл. Для «Боинга» это было очень выгодно, так как в Сиэтле, в штате Вашингтон на Западном побережье США, были введены налоговые льготы для ускорения развития этого региона, а завод «Томас-Морзе» размещался в штате Нью-Йорк, где налоги были гораздо выше.

В апреле 1921 г. контракт был оформлен, фирма «Томас-Морзе» была обязана предоставить конструкторскую документацию и самолет-образец, который, однако, пролетел через всю территорию США, но разбился на посадке в Сиэтле, что значительно задержало начало серийного выпуска машины.

Первый серийный истребитель Боинг МВ-3А сдали 7 июня 1922 г. заказчику на авиабазе Кемп Льюис в штате Вашингтон, 29 июля начались поставки самолетов МВ-3А партиями, и 27 декабря 1922 г. из Сиэтла ушел последний двухсотый МВ-3А.



**Работницы завода «Боинг» в Сиэтле обшивают полотном верхнее крыло серийного истребителя Томас-Морзе МВ-3А.** ***flyingmachines.ru***



**Командир 1-й авиабригады USAAS Уильям Митчелл в кабине истребителя Томас-Морзе — Боинг МВ-3А — авиабаза Селфридж Филд, 1922 г.** ***thisdayinaviation.com***

Вес модифицированного самолета по сравнению с МВ-3 увеличился, а летные данные ухудшились, летчики снова стали жаловаться на управляемость. В ответ с конца лета 1922 г. вместо двухлопастных воздушных винтов, КПД которых оказался недостаточен, стали ставить четырехлопастные, а со 151-го самолета внедрили новое увеличенное оперение.

## ОДИН ШАГ ВПЕРЕД ВМЕСТО ДВУХ

Заимствование чужих технических решений и использование иностранных специалистов позволило Америке быстро наверстать упущенное в развитии военной авиации, в том числе и в разработке самолетов-истребителей. За какие-то два-три года там появились самолеты этого класса, которые при всех своих недостатках (а где их нет?) вполне соответствовали крепкому мировому уровню. Теперь оставалось научиться их правильно и эффективно использовать.

В 1923 г. в Вашингтоне взялись за давно назревший вопрос реорганизации военной авиации — Воздушную службу преобразовали в Воздушный корпус Армии США (U.S. Army Air Corps), дав ему статус, равный пехоте и артиллерии. По численности личного состава формирования USAAC заняли третье место после этих армейских родов войск.

Основной боевой единицей оставалась эскадрилья, по штату примерно соответствующая роте, но приравненная к батальону. В пехоте США батальоны чаще всего сводились в дивизии, и такое звено

управления в авиации тоже было предусмотрено для организации ее применения на всем театре военных действий, но вести отдельные операции должны были бригады. Они в авиации появились, но это «сухопутное» название вскоре заменили «группой». Основным получателем истребителей МВ-3А стала 1-я истребительная авиагруппа USAAS, однако они были и в соединениях других родов авиации, — например, именно такой самолет выбрал в качестве личной машины командир бомбардировочной 1-й авиабригады полковник Уильям Митчелл.

Он был знаменит не только показательными бомбардировками трофейных линкоров, доказавшими, что самолеты могут их утопить, лихим пилотажем и страстью к воздушным гонкам, но и резкой критикой начальства — и чужого флотского, и своего армейского, от которого требовал, ни много ни мало, дать штабу USAAC положение главного (General Headquarters Air Force) наряду с армейским и флотским.

Сделанная в 1923 г. реорганизация была для американской военной авиации, бесспорно, большим шагом вперед, но к тому времени англичане, а за ними французы и итальянцы пошли еще дальше, возведя свои воздушные формирования в ранг вида вооруженных сил, подчиненного верховному командованию напрямую, а не через армейский штаб. Митчелл хотел того же, но специально созванная комиссия Ламперта в Конгрессе отвергла его притязания, а Военный департамент добился понижения его в должности. «Отец американских ВВС» так и не стал при жизни бригадным генералом, имея это звание лишь как временное, а теперь и вовсе был разжалован в полковники.

Но «упрямый Билли» не успокоился и после случившихся в сентябре 1925 г. катастроф трех самолетов и дирижабля ВМС США «Шенандоа» при выполнении операций совместно с армейской авиацией прямо обвинил свое и морское командование в преступной некомпетентности, но «правды не добился», а был лишь привлечен к военному суду и 17 декабря 1925 г. отстранен от службы.



**Уильям Митчелл в военном суде — демонстративно одетый в отличную от армейской «особую авиационную» форму с генеральскими погонами, хотя к этому званию он тогда был лишь представлен. *af.mil***



**Списанные истребители МВ-3А готовятся к утилизации — на переднем плане машина последних серий с увеличенным оперением. *airscapemag.com***

*Митчелл задел за живое не только кучу генералов и адмиралов, но и ставленника семьи Рокфеллеров Франклина Рузвельта, упорно делавшего политическую карьеру, нацелившись с поста зама морского министра прямиком в Овальный кабинет Белого дома. Будущий величайший американский президент, правивший с 1933 по 1945 гг., усмотрел в этом стремление подчинить ВМС США какой-то там авиации. Но флот — это большой, просто гигантский бизнес, и такой ход событий затрагивал интересы людей, чей масштаб был просто несопоставим с «временным генералом», а номинально лишь полковником Митчеллом.*

*А между тем Митчелл ничего такого не хотел, мало того, считал необходимым ВМС США всячески развивать. Однако, по мнению летчика Митчелла, дредноуты должны были уступить главное место новым кораблям — авиаматкам. И на них наряду с разведчиками, бомбардировщиками и торпедоносцами необходимо было разместить и истребители. Именно морская авиация вместе с независимыми сухопутными Военно-воздушными силами, по его мнению, должны были сделать Америку великой в войнах грядущего, которые, как он считал, для его страны просто неизбежны.*

*В конце концов, так и будет, но об этом чуть позже, а в следующем выпуске «Авиакталога» мы поговорим о том, как оставшаяся в подчинении Армии США авиация развивалась без отправленного в позорную отставку своего главного апологета — «американского генерала Дуэ» Уильяма Митчелла. Генералом он все же станет, но посмертно, а его именем назовут первый американский бомбардировщик, который будет бомбить Японию, поднявшись с авианосца. Но пока американская истребительная авиация по-прежнему всего лишь догоняла европейскую, больше заботясь об исходе не будущих воздушных сражений, а внутренней конкурентной борьбы.*

*Поставки военных самолетов, в том числе и истребителей, становились прибыльным делом, и цена вопроса, кто же будет их продавать Военному департаменту США, быстро росла. Самолеты становились все сложнее и дороже, и теперь далеко не каждый завод мог их делать. Те, кто не шел в ногу со временем, отмирали, другие же из маленьких заводиков, напоминавших мебельную фабрику и ателье индпошива в одной комнате, становились индустриальными гигантами, оснащенными по последнему слову техники. И именно между ними шел далее спор за то, кто же будет завтра снабжать самолетами военную авиацию новой мировой империи — Соединенных Штатов Америки.*

# УДАРНЫЕ АПЛ СТРАН ЕВРОПЫ



Французские АПЛ типа «Рубис» в кильватерной колонне

В 2000 г. сразу после катастрофы «Курска» в Великобритании в срочном порядке были сняты с боевого дежурства все шесть атомных подводных лодок (АПЛ) типа «Свифтшур» и в течение 2002–2006 гг. отправлены в резерв. На этих субмаринах, построенных с 1969 по 1981 гг. на верфях фирмы Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd и ранее составлявших основу британского атомного подводного флота, были обнаружены серьезные неполадки в системе охлаждения реактора. В Министерстве обороны Великобритании были уверены, что если лодки и в дальнейшем будут выходить в море, их наверняка постигнет участь «Курска». Причем в худшем варианте: в случае катастрофы непременно произошла бы утечка радиации. По состоянию на начало 2011 г. в составе Королевского флота не осталось ни одной лодки этого типа.

Более современные лодки класса «Трафальгард» специально проектировались для противостояния советским подлодкам в Средиземном море и Северной Атлантике. Унаследовав удачный дизайн от «Свифтшур», лодки нового класса стали намного быстрее и тише. Заказ на первую подлодку поступил седьмого апреля 1977 г. в компанию Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd, на судоверфях которой создан весь современный подводный флот. Средняя продолжительность строительства одного подводного корабля составила четыре с половиной года. С 1979 по 1991 гг. на верфях фирмы Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd было построено семь подводных лодок типа «Трафальгар». По состоянию на сентябрь 2017 г. три лодки этого типа остаются на вооружении ВМФ Великобритании, четыре АПЛ списаны.

В основу дизайна корпуса лодки положен классический альбакоровский корпус. С целью упрощения производства форма была изменена в средней части корпуса на цилиндрическую и сплющена на корме в сравнении с американскими подводными лодками. Как результат наличия большого количества оборудования на корме и в силу своей формы лодка получила несколько сниженные характеристики плавучести. Лодки класса «Трафальгард», впрочем, как и другие подвод-

**Подводные лодки типа «Трафальгар»**

**Водоизмещение — 4 700/5 208 т.**
**Длина — 85,4 м.**
**Ширина — 9,5 м.**
**Осадка — 9,9 м.**
**Глубина погружения — 400 м.**
**Скорость — 20/32 узла.**
**Экипаж — 130 (18 офицеров) человек.**
**Вооружение: торпедные аппараты — 5 x 533-мм; противокорабельные комплексы «Гарпун»; с 2006 г. крылатые ракеты «Томагавк».**

**Автор — Юрий Каторин**

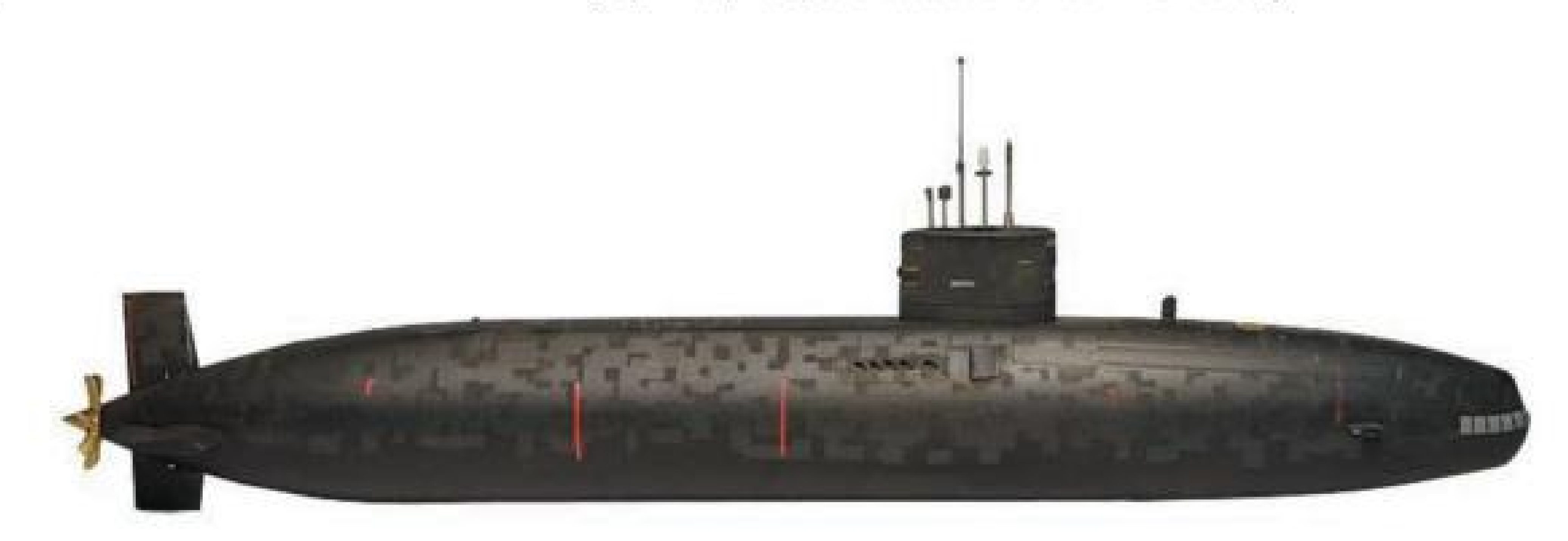




Британская АПЛ типа «Трафальгард»



Кубрик офицерского состава на HMS Torbay



Боковая проекция АПЛ типа «Трафальгард»

ные корабли королевского флота, покрыты сотнями квадратных метров резины для уменьшения уровня шума и гидролокационного определения.

На АПЛ данного типа установлен водо-водяной энергетический реактор Rolls-Royce PWR1 Core Z. Реактор работает в паре с двумя паровыми турбинами производства General Electric Company. Эти два турбогенератора выдают мощность около 15 000 л. с. (11 МВт) на водомет — на всех АПЛ данного типа, кроме HMS Trafalgar, на которой был установлен гребной винт.

Общая численность экипажа: 130 человек, в том числе 18 офицеров. Условия для жизни моряков довольно стесненные, небольшие кубрики, каждый предназначен для жизни до 30 человек. Всего на АПЛ 99 спальных мест, это означает, что некоторым младшим членам экипажа придется делить спальное место с товарищем.

Изначально АПЛ типа «Трафальгар» были вооружены только торпедами и ПКР «Гарпун», однако в 1990-х гг. их дооборудовали так, что могут быть использованы до 30 видов вооружений. На лодке находятся пять торпедных аппаратов диаметром 533 мм. Основной боекомплект: 20 торпед Мк.8 и Мк.24 «Тайгер-фиш» калибра 533 мм и пять противокорабельных ракет «Гарпун» с подводным стартом или 50 мин Мк.5 «Стоунфиш» и Мк.6 «Си Учин». Тяжелые торпеды Mk.24-2 Tigerfish («рыба-тигр») массой 1 550 кг несут на себе боеголовку массой 340 кг. Используя активное наведение, они могут поражать цели на расстоянии до 40 км. В настоящее время происходит их постепенная замена на современные тяжелые торпеды Spearfish («рыба-меч»). Ее масса составляет 1 850 кг, вес боеголовки — 300 кг, максимальный радиус поражения — 54 километра. Торпеды обоих типов изготавливаются компанией GEC-Marconi.

19 мая 2000 г. в Гибралтарском проливе произошел инцидент на «Тирелес», в ходе которого случился сброс радиоактивной воды в Средиземное море из-за дефекта системы охлаждения атомного реактора. После расследования специально созданной комиссией было установлено, что авария произошла из-за конструктивных недостатков атомного реактора. Такие дефекты были обнаружены на всех лодках и получили название «ошибки Tireless». Лодка была немедленно выведена из боевого состава флота, вновь введена 13 мая 2003 г. В настоящее время идет постепенный вывод из боевого состава флота этих подводных кораблей, четыре подлодки уже списаны (S.107 «Трафальгард» 4.12.09, S.87 «Турбулент» 14.7.12, S.88 «Тирелес» 19.06.14 и S.90 «Торбей» 14.07.17). Полное снятие с вооружения подводных лодок типа «Трафальгар» запланировано к 2023 г., по мере ввода в строй новых HMS типа «Астут».

Основным назначением АПЛ данного типа поначалу являлось выслеживание и уничтожение ракетных атомных лодок неприятеля, однако в наше время спектр применения лодок типа «Трафальгар» значительно расширен.

| | |
|---|---|
| S.107 Trafalgar | 1983/ списана 2009 г. |
| S.87 Turbulent | 1984/ списана 2012 г. |
| S.88 Tireless | 1985/ списана 2014 г. |
| S.90 Torbay | 1987/ списана 2017 г. |
| S.91 Trenchant | 1989 г. |
| S.92 Talent | 1990 г. |
| S.9 Triumph | 1991 г. |

Так, HMS Turbulent принимала участие в войне в Ираке в 2003 г., осуществляя запуск ракет Tomahawk по наземным целям. В 2001 г. HMS Trafalgar и HMS Triumph принимали участие в операции Veritas («Веритас»), направленной против талибов в Афганистане. HMS Triumph в ходе этой операции осуществляла запуск ракет Tomahawk по целям, расположенным на территории Афганистана.

В 1993 г. военное министерство объявило конкурс на разработку проекта многоцелевой подлодки. Нешуточная борьба разыгралась между двумя крупнейшими судостроительными компаниями Англии: Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd (VSEL) и GEC Marconi. В декабре 1995 г. было объявлено, что военные выбрали вторую компанию, представившую большее количество инноваций и предложений. Обсуждение нового проекта и переговоры про-

должались в течение последующего года, и в марте 1997 г. был подписан контракт на создание АПЛ типа Astute (HMS Astute)

Водоизмещение 7 800 т, основные размерения 97 х 11,3 х 9,9 м, глубина погружения 300 м, экипаж 98 человек, из них 12 офицеров. Силовая установка — один ядерный реактор Rolls-Royce PWR2 (Core H) и две турбины «Элстом», водометный движитель Rolls-Royce, скорость 29 узлов. Вооружение: торпедные аппараты 6 х 533-мм; боекомплект — торпеды, противокорабельные комплексы «Гарпун» и крылатые ракеты «Томагавк» — 32; мины — 20.

Субмарины стали дальнейшим развитием подводных лодок типа «Трафальгар» с удлиненным ограждением рубки и двумя оптико-электронными перископами «Оптроникс». На Astute использовали такую же схему расположения носовых горизонтальных рулей, что и на ПЛАРБ типа Vanguard: они смещены к ограждению прочной рубки под палубу надстройки. В проекте были учтены все доказавшие свою эффективность новшества, использованные при модернизации этих лодок. Основные отличия — усовершенствованная атомная энергетическая установка, более низкий уровень шумности, увеличенный боекомплект и сокращенный состав экипажа. Все АПЛ типа «Астут» (в переводе с английского означает «проницательный») строятся на судоверфи Marine Barrow, принадлежащей компании GEC Marconi.

Лодки типа Astute проектировались и строились по измененным требованиям НАТО к атомным подводным лодкам. В отличие от лодок холодной войны, их основным назначением считается не борьба с субмаринами противника, а поддержка действий против берега, такая как нанесение ударов крылатыми ракетами по наземным целям, разведка, высадка и эвакуация подразделений специальных сил. Поэтому на ней устанавливаются крылатые ракеты типа «Томагавк», предназначенные только для поражения наземных целей. Кроме того, новейшие британские АПЛ получили более широкие возможности в разведке и «наблюдении». Первоначально считалось, что АПЛ класса «Астут» заменят только пять лодок типа Trafalgar, две оставшиеся (S.90 Torbay и S.91 Trenchant) будут модернизированы, но затем британцы решили провести их полную замену.

Для обеспечения непрерывной службы в течение 25 лет без перезагрузки активной зоны лодки типа Astute снабжены новым водо-водяным реактором PWR2 мощностью в 160 МВт от компании Rolls-Royce, которая подписала контракт с ВМС на сумму 360 млн0 фунтов стерлингов. Он заметно больше прежнего PWR1, соответственно водоизмещение лодки примерно на 30 % больше предыдущего типа (Swiftsure). Ядерный реактор и две турбины компании «Элстом» (бывшая «Дженерал электрик корпорейшн») вращают водометный движитель производства компании «Роллс-Ройс». Последний состоит из обеспечивающих «реактивное» движение роторных лопастей в неподвижной водопроточной трубе.



Британская АПЛ типа «Астуте»



Британская АПЛ Ambush типа «Астуте» на полном ходу



Пуск ракет Tomahawk с HMS Triumph



Боковая проекция и вид сверху АПЛ типа Astute



Спуск на воду АПЛ Artful, типа Astute


Французская АПЛ «Рубис», 1981 г.

Имеются два запасных дизеля, а также аварийный ходовой электродвигатель, вращающий убирающийся вспомогательный винт. Благодаря увеличенным размерам, впервые в Королевском подводном флоте, все члены экипажа имеют собственные койки, без необходимости посменного отдыха.

Лодки типа Astute имеют шесть носовых 533-мм торпедных аппаратов, предназначенных для пуска торпед Spearfish, противокорабельных ракет «Гарпун», крылатых ракет «Томагавк» класса «подводная лодка — земля» и мин в количественных пропорциях, зависящих от решаемых задач. Крылатые ракеты «Томагавк» версии «Block 3», предназначенные для наземных целей, используют навигационную систему от компании TERCOM. Противокорабельные ракеты «Гарпун» версии UGM-84 смогут атаковать цели на расстоянии до 129 километров.

Закладка головной субмарины «Астут» (Astute) произошла 31 января 2001 г. на верфи BAE Systems в Барроу-ин-Фернесс, ровно столетие спустя после закладки первой британской подводной лодки Holland-1. 8 июня 2007 г. первая атомная подводная лодка этого проекта была спущена на воду (с опозданием 43 месяца по сравнению с планом). Передана флоту 31 августа 2008 г. и перешла из верфи в базу Фаслейн. Затем АПЛ в течение двух лет проходила «обкатку» в водах Мирового океана, испытывая установленное на ней оборудование, и лишь после этого к ее названию добавили аббревиатуру HMS (Her Majesty›s Ship – «Корабль Ее Величества»). Первая подводная лодка типа «Астут» введена в строй 27 августа 2010 г., вторая, Ambush, — 1 марта 2013 г., третья, S.121 Artful, — 18 марта 1916 г. 3 апреля 2020 г. в строй вошла S.122 Audacious, еще

| | |
|---|---|
| S.119 Astute | 2010 г. |
| S.120 Ambush | 2013 г. |
| S.121 Artful | 2016 г. |
| S.122 Audacious | 2020 г. |
| S.123 Anson | спущена 11 декабря 2020 г., план 2021 г. |
| S.124 Agamemnon | заложена 18 июля 2013 г., план 2022 г. |
| S.125 Agincourt | заложена май 2018 г., план 2024 г. |

три корабля находятся в процессе достройки.

Первая попытка построить во Франции многоцелевую атомную подводную лодку (ПЛА), предназначенную для борьбы как с подводными лодками, так и с надводными кораблями противника, была предпринята в 1957 г., когда на одной из французских судоверфей состоялась закладка такого корабля. Однако из-за крупных технических трудностей строительство ПЛА пришлось тогда прекратить. Во второй раз решение о постройке многоцелевой ПЛА проекта SNA-72 было принято на министерском уровне в январе 1973 г. При этом в числе основных требований, предъявленных заказчиком проектантам корабля, были, в частности, снижение шумности ПЛА в максимально возможной степени и обеспечение для всего ее оборудования и систем оружия таких же высоких характеристик надежности и безопасности в эксплуатации, какими должна обладать ее ЯЭУ. Проектирование ПЛА в КБ военно-морской верфи в Шербуре заняло более двух лет. Прототипом служили дизельные подводные лодки типа «Агоста». В феврале 1976 г. верфь получила официальный заказ правительства на постройку головной ПЛА S601 Provence, переименованной впоследствии в S601 «Рубис» (Rubis).

Водоизмещение 2 385/2 680 т, основные размерения — 72 x 8 x 6,45 м экипаж 66 (8 офицеров) человек. Главная энергетическая установка: один реактор мощностью 48 МВт со встроенной теплообменной системой, вра-



Боковая проекция французской АПЛ типа «Рубис»



Французская АПЛ Suffren типа «Барракуда»



Командный пункт французской АПЛ типа «Рубис»

щающий два турбогенератора, работающих на один гребной вал, скорость — 20/25 узлов. Вооружение — четыре 533-мм ТА, боезапас 14 ракет Exocet и торпед F17 Mod.2 или 32 мины FG29).

Постройка всей серии ПЛА типа Rubis осуществлялась на верфи в Шербуре. Всего было запланировано построить восемь единиц, но к 1993 г. в боевой состав флота вошли лишь шесть лодок этого типа, строительство двух кораблей (Diamant S607 и Turquoise S608) было отменено. В свое время они сумели отличиться двумя интересными показателями. Во-первых, Rubis называют самыми малогабаритными атомными подлодками в мире, а во-вторых, шесть субмарин обошлись французской казне всего в 2,1 млрд долларов. Начиная с пятого корабля S605 Amethyste, в проект ПЛА были внесены существенные изменения, предусматривающие дополнительные меры по ее обесшумливанию, в частности более широкое применение звукоизолирующих и демпфирующих материалов. Изменена конструкция носовой оконечности, а также принята каплеобразная форма корпуса. Более обтекаемой стала форма ограждения выдвижных устройств.

Французские ударные атомные субмарины типа «Рубис» вооружены противокорабельными ракетами «Экзосет», огонь которыми ведется из торпедных аппаратов на дальность до 50 км. Корпус изготовлен из высокопрочной стали. Плоскими поперечными переборками прочный корпус разделен на пять отсеков. В первом (носовом) отсеке расположены четыре торпедных аппарата и стеллажи для 14 запасных торпед, ракет или мин. Во втором (на трех палубах) находятся центральный пост, пост управления движением, навигационное оборудование, жилые помещения, а также аккумуляторная батарея, компрессоры и другое оборудование. В третьем отсеке размещен ядерный реактор с паропроизводительной установкой, в четвертом смонтированы турбогенераторы, в пятом — главный гребной и вспомогательный электродвигатели, а также аварийный дизель-генератор и пост управления ЯЭУ.

Подлодки типа Rubis отличаются комфортными условиями на борту, которые удалось создать конструкторам, несмотря на рекордно малые размеры корпуса. В частности, каждый матрос получил собственную койку, а расположенная отдельно от кубриков столовая используется как помещение для коллективного отдыха и общения. Благодаря наличию опреснительной установки потребление пресной воды экипажем не ограничивается. Оборудование различных постов проектировалось с учетом требований эргономики. Автономность 45 суток, но при необходимости она может быть увеличена.

Подводные лодки оборудованы турбоэлектрической двигательной установкой и одним гребным винтом, как на подводных ракетоносцах типа «Редутабль». Турбоэлектрическая силовая установка состоит из двух турбогенераторов и одного электромотора переменного тока, который вращает единственный гребной винт, соосный с корпусом. ПЛА типа Rubis неоднократно выполняли кругосветные плавания, в ходе которых были продемонстрированы их высокие мореходные качества и большая автономность. Резервная система состоит из вспомогательного электродвигателя, который может питаться от аккумуляторных батарей или вспомогательного дизель-генератора. В движение лодка приводится одним многолопастным малошумным гребным винтом увеличенного диаметра. Признавая, что ПЛА данного типа уступают атомным лод-

| | |
|---|---|
| S.601 Rubis | 1979 г./намечался к списанию в 2017 г., но модернизирован и вернулся в строй с 2019 г. |
| S.602 Saphir | 1981 г./списан 2019 г. |
| S.603 Casabianc» | 1984 г. |
| S.604 Emeraude | 1988 г |
| S.605 Amethyst | 1992 г. |
| S.606 Perle | 1993 г. |

Французская АПЛ Suffren типа «Барракуда» на стапеле

кам США и Великобритании по наибольшей скорости хода, французские специалисты отмечают, что по такому показателю, как максимальный малошумный ход, когда лодка не демаскирует себя и продолжает эффективно использовать пассивные ГАС, они превосходят последние.

24 октября 2006 г. во время официального открытия 20-го Международного военно-морского салона «Евронаваль 2006» (Euronaval 2006) министр обороны Франции Мишель Альо-Мари объявила о закупке шести новых ударных атомных подводных лодок типа «Барракуда» (Barracuda). Предполагается, что стоимость всей программы постройки шести субмарин составит 7–8 млрд евро. Разработчик французских многоцелевых подлодок нового поколения — национальная корпорация DCNS — пока не спешит подробно раскрывать их технические особенности. В проекте воплощены как особенности современного проекта Le Triomphant, в частности водомет, так и современные зарубежные решения, например хвостовое размещение рулей выполнено X-образным. Согласно официальной информации, они будут отличаться от типа «Рубис» еще меньшим уровнем заметности, но при этом большими размерами.

Водоизмещение подводное 5 300 т, длина 99,4 м (против 73,6 м у Rubis), ширина корпуса 8,8 м, осадка 7,3 м. Главная энергетическая установка: один атомный реактор К15 мощностью 150 МВт, два турборедуктора мощностью 20 МВт, два электрических двигателя и один водометный движитель. Подлодка может погружаться на глубину до 350 м и развивать скорость до 23 узлов. Автономность плавания — 50 суток. При этом экипаж субмарины несколько меньше, чем у предшественницы, — 60 человек (12 офицеров), а стоимость эксплуатации по сравнению с АПЛ Rubis должна снизиться примерно на 30 процентов. Вооружение — четыре носовых ТА калибра 533 мм, боекомплект 20 торпед и ракет. На этих лодках в разном сочетании будут находиться усовершенствованные противокорабельные ракеты «Эксосет» блок.3, крылатые ракеты «Скальп» с дальностью действия 1 000 км, торпеды «Блэк шарк». Также лодка способна нести до 12 боевых пловцов со снаряжением в специальном модуле, прикрепляемом к субмарине.

Первая партия состояла из трех подводных лодок типа «Барракуда» — «Сюффрен» (Suffren), «Дюге-Труен» (Duguay-Trouin) и «Турвиль» (Tourville). Головная была заложена 19 декабря 2007 г. (стр. № Q 284). Монтаж атомного реактора закончен в мае 2013-го. По плану Французский флот должен был получить «Сюфрен» в начале 2017 г., но ее спустили на воду лишь 2 августа 2019 г., с 20 апреля 2020 г. начались испытания, наконец, 6 ноября 2020 г. ее торжественно ввели в строй. Лодка получила во французском флоте бортовой номер S.635. На церемонии присутствовала министр вооруженных сил Франции. Сейчас лодка проходит так называемые эксплуатационные испытания» в составе ВМС Франции, и ее окончательный ввод в строй флота ожидается только летом 2021 г. А сроки постройки неоднократно переносились то в связи с экономическим кризисом, то из-за проблем с бюджетным финансированием, то это объясняли тем, что промышленность сталкивалась с дефицитом квалифицированных кадров.

Вторая АПЛ заложена 26 июня 2009 г. и должна была войти в строй в 2019 г., но сроки опять были сорваны.




Торжественный ввод в строй АПЛ Suffren в присутствии президента Франции

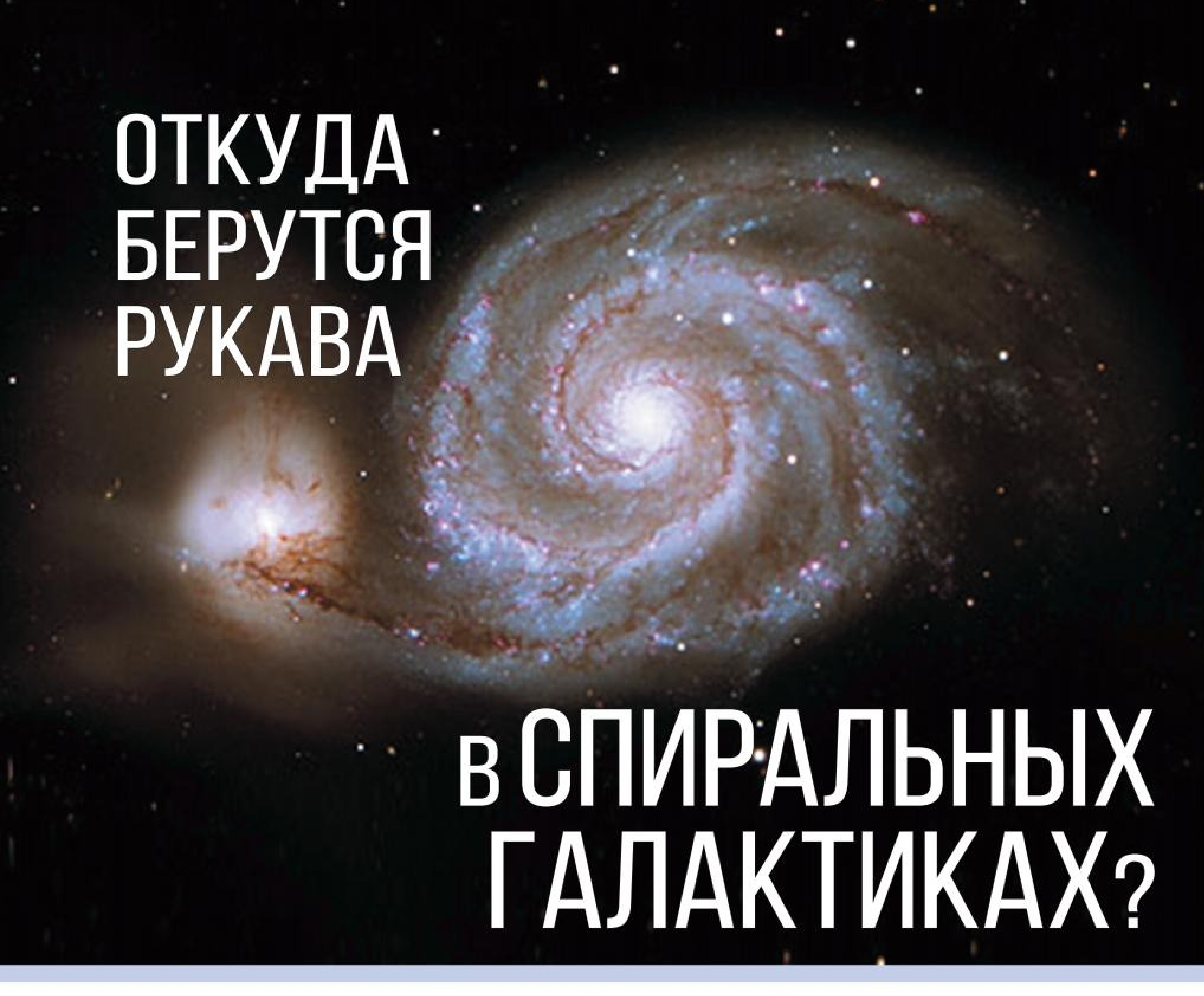
В конце июля 2011 г. начато строительство третьей атомной подводной лодки «Турвиль» (Tourville), которую планируется поставить ВМС Франции в 2021 г. (?). Минобороны Франции заключило с компаниями Naval Group и Technicatome контракт на строительство еще трех лодок. Вторая партия включает Duquesne («Дюкен»), Tourville («Турвиль») и De Grasse («Де Грасс»). В 2015 г. было принято решение первые две лодки назвать в честь подлодок — участников Второй мировой войны: Casabianca («Казабьянка») и Rubis («Руби») — они будут вводиться в строй вплоть до 2030 г. Сейчас две лодки находятся в Шербуре в различных стадиях строительства. Еще три субмарины из числа шести планирующихся, хотя и заказаны, но до сих пор не заложены, и их сроки ввода в строй, даже с учетом возможного ускорения постройки за счет отработки технологического цикла, вряд ли составят менее 9–10 лет.

По словам директора программы «Барракуда» Алена Опти (фр. Alain Aupetit), ввод следующих лодок будет производиться с интервалом от полутора до двух лет, вплоть до 2027 г. При вводе каждой новой субмарины типа «Сюффрен» из состава флота будет выводиться одна субмарина типа «Рубис». Окончание программы планируется к 2030 г. Всего программой предусмотрено строительство шести субмарин в период с 2007 по 2028 гг., а стоимость всей программы строительства этих подлодок оценивается в 8,6 млрд евро, еще миллиард ушел на НИОКР. Согласно информации DGA, стоимость программ постоянно растет по причине инфляции.

Несмотря на небольшие размеры, и «Руби», и «Барракуды» являются полноценными многоцелевыми АПЛ, несущими, помимо торпед, также мины и крылатые ракеты. К существенным недостаткам нового французского проекта можно отнести разве что отсутствие вертикальных пусковых установок для КР — они по-прежнему запускаются через торпедные аппараты.

| | |
|---|---|
| S.635 Suffren | 2020 г. |
| Duguay-Trouin | заложена 26.06.2008/ план 2022 г. |
| Tourville | заложена 27.07.2011/ план 2024 г. |
| De Grasse» | план 2025 |
| Casabianca | план 2027 |
| Rubis | план 2029 |

# ОТКУДА БЕРУТСЯ РУКАВА в СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИКАХ?



Спиральные галактики имеют выраженные спиральные рукава, за что и получили свое название. Большинство спиральных галактик также имеет перемычку, проходящую через центр и именуемую гордым названием «бар», так что рукава закручиваются не от центра галактики, а от бара. В экстремальном виде это можно наблюдать, например, у галактики NGC 1300. Наша Галактика Млечный Путь тоже является спиральной галактикой с баром.

Издали кажется, что галактика именно так и устроена — спиральные рукава, содержащие много вещества, и пустые места между ними, в которых вещества мало или почти нет. На самом же деле плотность звезд в галактике и в «пустых» местах между рукавами, и в самих рукавах практически одинакова. Например, мы живем в пространстве между двумя рукавами нашей галактики и на одиночество не жалуемся.

Рукава — это не те места, где больше звезд. Рукав — это интересное образование, представляющее собой так называемую «волну плотности», проходящую по газу и пыли, расположенным в межзвездной среде галактического диска. При этом то, что мы видим, — это даже не сам рукав. Фронт сверхзвуковой ударной волны невидим для оптических средств наблюдений. Но он сгущает газ и межзвездную пыль, резко повышая вероятность образования из них новых звезд. Фронт ударной волны излучает радиоволны и может наблюдаться в радиодиапазоне («радиорукав»). За его спиной после его прохождения в газе происходит множественное рождение молодых звезд, которые интенсивно испускают инфракрасное излучение, в результате чего за радиорукавом с небольшим отставанием следует повторяющая его очертания зона повышенного инфракрасного излучения («инфракрасный рукав»). И только потом, через несколько миллионов лет после прохождения волны плотности формируются звезды. Некоторые, весьма незначительная часть, из этих звезд оказываются достаточно крупными и яркими (массами в пять, десять и более масс Солнца) и принадлежат к классу голубых

**Автор — Александр Гинзбург**

гигантов и сверхгигантов. А гиганты и сверхгиганты светятся непропорционально ярко — десятикратно превосходя, к примеру, Солнце по массе, небольшой сверхгигант по светимости оказывается ярче примерно в тридцать тысяч раз. Более крупные сверхгиганты могут иметь светимости больше солнечных в сотни тысяч раз. Поэтому с большого расстояния гиганты и сверхгиганты, составляя по количеству лишь несколько процентов звездного населения, определяют более девяноста процентов общей светимости области звездообразования. В результате эту область, в которой светят гиганты и сверхгиганты и которая повторяет форму ушедшей вперед волны плотности, мы видим как ярко-голубую спираль («видеорукав»). Собственно, именно его и воспринимают как спиральный рукав галактики на фотографиях. Потом короткоживущие большие звезды умирают — и яркость области, которую прошел рукав, уменьшается до фоновой.

Ответ на вопрос, откуда берутся рукава и бары, достаточно интересен. И начать рассказ нужно издалека — с движения звезд в диске галактики.

Разумеется, любая звезда под действием галактического гравитационного поля обращается вокруг центра галактики более или менее по эллипсу. Однако вращение звезды вокруг галактического центра существенно отличается от, например, вращения планеты вокруг Солнца. В первом случае гравитационное поле не является центральным — оно относительно равномерно распределено по объему, и практически не существует точки, к которой звезда притягивается. Это приводит к интересному следствию: эллипс, представляющий собой траекторию движения отдельной звезды в диске галактики, сам по себе вращается. Например, Солнце совершает полный оборот вокруг центра галактики за 230 млн лет — а эллипс, по которому оно движется, совершает полный поворот за 790 млн лет.

Анализ движения звезд в диске показывает, что угловая скорость поворота эллипса (так называемая эпициклическая частота) зависит от удаления звезды от центра галактики в большей степени, чем угловая скорость движения самой звезды по эллипсу (это связано именно с распределенным характером гравитационного поля и плотности галактики). В результате оказывается, что в галактическом диске есть два выбранных радиуса, для которых угловая скорость вращения звезд, находящихся на данном расстоянии от центра галактики, равна угловой скорости поворота их эллипса, представляющего собой их траекторию (эпициклической скорости).

Состояние, при котором звезда обращается вокруг центра галактики по эллипсу, вращающемуся с той же скоростью, что и сама звезда, называется резонансом Линдблада.

И вот тут начинается интересное. Представим себе, что эллипсы, по которым вращаются соседние звезды, сами по себе вращаются с близкими угловыми скоростями, под действием притяжения друг друга и случайных внешних гравитационных воздействий, например гравитации соседней галактики, звезды (а в первую очередь даже не звезды, а газовые облака, обращающиеся в галактике по тем же законам). Тогда они могут начать сближаться и вращаться синхронно, будучи связанными взаимным притяжением. В результате происходит интересный эффект — в некоторой изогнутой области пространства эллипсы траекторий сближаются, а потом, в других областях, опять расходятся. И область сближения эллипсов мы и видим как спиральный рукав.

Нетрудно понять, что на радиусах Линдблада (т. е. на тех расстояниях, для которых орбитальная скорость звезд равна эпициклической) такого быть не может — там звезды движутся по эллипсам, вращающимся со скоростью вращения самих звезд, т. е., с точки зрения наблюдателя, практически неупорядоченно. И получается, что описанные выше волны плотности могут существовать лишь в двух зонах галактики — внутри внутреннего радиуса Линдблада и между внутренним и внешним радиусами (теоретически они могут существовать еще и снаружи внешнего радиуса, но практически он настолько велик, что внутри его находится весь галактический диск).

Вот и получается, что волны плотности между радиусами Линдблада живут и обращаются по диску независимо от волн плотности внутри радиуса Линдблада — вторые именуются спиральными рукавами, а первые, внутренние, формируют бар.

При этом стоит упомянуть интересное обстоятельство. На динамику вещества в волне плотности очень большое влияние оказывает газ. Дело в том, что звезды входят в волну и выходят из нее без существенных последствий для себя и своего движения, а большие газовые облака при сближении соударяются, сжимаются (отчего спиральные рукава и являются областями звездообразования и посему так хорошо видны), теряют кинетическую энергию. В результате газ приобретает тенденцию «опускаться» — теряя скорость, приближаться к центру галактики.



**Спиральная галактика NGC1300, отличающаяся очень крупным, хорошо заметным на фотографии баром, от концов которого отходят закрученные спиральные рукава**



Иллюстрация того, как синхронно поворачивающиеся орбитальные эллипсы формируют волны плотности. Тут мы видим и волны плотности внутри одного радиуса (бар) и между радиусами (спиральные рукава)

Газ из основной части диска по этой причине опускается к внутреннему радиусу Линдблада — и в результате формируется хорошо известная из наблюдений зона звездообразования в центральной части спиральных галактик, некогда удивлявшая астрономов (ведь без учета этого обстоятельства трудно понять, отчего газ в балдже не закончился миллиарды лет назад). А неизрасходованный газ, случайно опустившийся ниже радиуса Линдблада, тормозится в баре и опускается еще ниже, к самому центру галактики.

А что у нас в центре галактики? Правильно, черная дыра. И теперь становится ясным, какому именно источнику сверхмассивные черные дыры в центре галактик обязаны подпиткой газом и своим ростом. А заодно — и почему масса центральной черной дыры галактик коррелирует с массой и размером балджа (как правило, чем больше балдж — тем больше и масса черной дыры).

Что интересно — при достаточно большом количестве медленно вращающегося газа, поступившего в центральную область галактики, он начинает еще и разрушать бар, т. е. своим воздействием рассеивать звезды в баре. В результате бары оказываются зачастую временным компонентом галактики (поэтому так много спиралей без бара), разрушающимся за короткое время — несколько сотен миллионов, максимум — миллиардов лет. Но на самом деле все еще сложнее.

Мы знаем, что галактики постоянно захватывают порции газа с большим угловым моментом. По крайней мере, большие спиральные галактики — хищники Вселенной. Посмотрите, например, на нашу галактику — с каждой поглощенной галактикой-спутником она захватывает порцию газа! Так вот, если галактика после разрушения бара опять захватит порцию газа с большим угловым моментом, то быстро вращающийся захваченный газ затормозит процесс падения газа во внешних областях диска на центр галактики, тот очистится, и бар возродится. То есть бары галактик приходят и уходят — причем доля спиральных галактик с баром за счет описанного процесса может позволить даже оценить скорость роста спиральных галактик (оценка дает в среднем удвоение массы за 10 Gyr, т. е. миллиардов лет).

Разумеется, спиральный рукав так просто не разрушить — в нем концентрация газа практически никогда не может оказаться достаточно высокой. К тому же эта зона диска более чувствительна к возмущениям со стороны гравитационных полей соседних галактик — поэтому спиральные рукава оказываются более устойчивыми.

Кстати, может возникнуть вопрос: как проверить, что рукава галактики формируются именно таким образом, а не как-нибудь иначе? Скажем, много лет существовала, существует и до сих пор находит свое место в учебниках идея ударных волн в диске — в этой модели формирование рукавов никак не связано с особенностями орбитальных траекторий звезд; звезды в ней могут вращаться хоть по эллипсам, хоть по окружностям, а в диске все равно может возникнуть и бежать по нему ударная волна, которую мы видим как спиральный рукав — хотя бы, опять же, под действием притяжения объектов диска в зоне их случайного сближения.

Справедливости ради следует отметить, что эта модель появилась первой, в течение ряда лет считалась единственной, и вообще, ей уже пятьдесят пять лет.

Проблема в том, что внешним наблюдением, казалось бы, выбрать



Спиральная галактика NGC 1512. Хорошо видна зона активного звездообразования на внутреннем радиусе Линдблада (яркое голубое кольцо, обрамляющее центральную область галактики. Цвет и яркость кольца определяются множеством находящихся в нем молодых гигантских звезд)

варианты происхождения трудно: у галактики же не спросишь, отчего у нее возникли рукава — просто от волн плотности или от сближения эллипсов, по которым звезды и газовые облака обращаются вокруг центра. А внешне в обоих случаях видим практически одинаковые рукава, хранящие секрет механизма своего возникновения. Оказывается, однако, что различить сценарии формирования рукавов можно, причем по одному параметру: в обоих сценариях должно отличаться поведение угла, под которым закручены рукава, т. е. угла между осью рукава в некоторой точке и окружностью с центром в центре галактики, пересекающей его в этой точке (именуется он иногда интересно: угол подъема или угол тангажа, pitch angle).

В случае самопроизвольного формирования волны плотности в рукавах угол подъема остается неизменным, пока серьезным образом не изменятся характеристики диска и галактики в целом (т. е. при неизменных массе и плотности галактики). Он, этот угол, определяется только внутренними свойствами галактики в целом и ее диска в частности.

В случае же формирования рукава внешним воздействием или самогравитацией по механизму сближения траекторий оказывается (и это нетрудно понять), что угол подъема начинает эволюционировать — он уже не является собственным свойством диска и изменяется по своим законам. И расчеты показывают, что закон этот достаточно прост — по мере дальнейшего сближения эллиптических траекторий вовлекаемых в рукав объектов, рукав должен закручиваться все сильнее, причем угол подъема рукава изменяется примерно пропорционально арккотангенсу времени, прошедшего с начала процесса (ну, или котангенс угла подъема пропорционален времени). А это уже допускает статистическое исследование...

И вот только недавно появился результат: измерение угла подъема спиральных галактик для различных их возрастов показало практически равномерное распределение котангенса угла подъема их рукавов. То есть углы подъема рукавов действительно изменяются с возрастом галактики. А это подтверждает описанный механизм формирования спиральных рукавов.



**Спиральная галактика NGC 3081 демонстрирует сразу две кольцевые области активного звездообразования — внешнюю и внутреннюю, находящиеся соответственно на внешнем и внутреннем радиусах Линдблада. Такие образования именуются резонансными кольцами**



**Галактика M83 Южная Вертушка. Если присмотреться, у нее на внешнем радиусе Линдблада начинает формироваться резонансное кольцо из молодых звезд**



**И такое бывает. Гаоактика M64, известная как Спящая Красавица, получена при слиянии двух спиральных галактик и в результате содержит два диска — внешний и внутренний, — вращающихся в противоположные стороны. Зона контакта обоих дисков является областью активного звездообразования**

Часть 2

# ВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ — РЕВОЛЮЦИОННЫЙ ШАГ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ, или ВОСПОМИНАНИЕ О БУДУЩЕМ




В концептуальном грузовике Hyundai HDC-6 Neptune используются модули топливных элементов и электродвигатели. Добавление большего количества цилиндрических резервуаров с водородом увеличивает дальность действия более 1 000 миль

(Окончание. Начало см. в № 4 2021 г. «Науки и Техники»)

## ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО РАЗВИВАЮТСЯ УЖЕ СЕГОДНЯ

BMW убеждена, что водород может внести важный вклад в устойчивую мобильность наряду с электрическими автомобилями в будущем — при условии, что будет создана необходимая водородная инфраструктура и предложена хорошая цена за водород, а цена на автомобили снизится. В этих условиях автомобили на водородных топливных элементах могут быть технологией с нулевым уровнем выбросов, которая позволит пользователям сохранять привычные навыки вождения.

В этом также убеждены члены Водородного совета — глобальной инициативы ведущих энергетических, транспортных и промышленных компаний. Совет рассматривает водород не только как устойчивое будущее средств передвижения на топливных элементах, но и как чистый источник энергии для отопления, получения электрической энергии, а также для промышленности.

Многие ведущие фирмы разрабатывают пилотные проекты по развитию FCEV.

Так, Navistar в партнерстве с General Motors и поставщиком водородного топлива OneH$_2$ предполагает к 2024 г. создать региональный грузовик на водородных топливных элементах класса 8 с полностью безопасной экосистемой.

Сторонники использования водорода в качестве топлива для грузовиков утверждают, что найти иную технологию, отвечающую постоянно ужесточающимся стандартам выбросов, кроме водородной, невозможно, поскольку она чистая, в изобилии, может отражать заправочную инфраструктуру дизельного топлива и отвечать жестким требованиям дальнемагистральных грузоперевозок с гораздо меньшим собственным весом и меньшим количеством остановок заправки, чем полностью электрические.

Компания Cummins успешно работает над более чем 20 проектами по грузовикам на топливных элементах и быстро приближается к позиции лидера в сфере грузоперевозок с низким выбросом углерода.

Гибридный тягач Kenworth на топливных элементах класса 8 завершает испытания, начатые еще в 2017 г. В отчетах указывается, что у грузовика достаточно мощности, чтобы конкурировать с автомобилями, оборудованными ДВС, которые в настоящее время доминируют на перевозках. Водители ценят бесшумность

Автор — Николай Макаренко

движения и отмечают, что характеристики грузовика находятся на одном уровне с другими тягачами Kenworth, работающими на традиционном топливе.

По последним сведениям, американский разработчик коммерческих автомобилей на топливных элементах — компания Hyzon Motors получила крупный заказ от компании Hiringa Energy из Новой Зеландии, специализирующейся на водороде. Заказчик заказывает в общей сложности 1 500 грузовиков на топливных элементах в течение следующих пяти лет до 2026 г. Hyzon Motors заявляет, что первые образцы должны быть введены в эксплуатацию уже в конце 2021 г.

Кроме того, Hyzon Motors объявила о планах строительства завода по производству мембранно-электродных сборок топливных элементов (MEA) для использования в коммерческих транспортных средствах. Они утверждают, что завод будет крупнейшим в своем роде в Соединенных Штатах. Это важно, поскольку MEA являются ключевым компонентом топливных элементов и составляют около 70 % стоимости батареи. Производство в промышленных масштабах в настоящее время происходит в Канаде, Европе, Японии, Корее и Китае, тогда как в США известно только о мелкомасштабном производстве MEA.

General Motors (GM) присоединяется к Honda, Hyundai и Toyota в продвижении топливных элементов.

Хотя план GM по переходу на полностью электрический двигатель будет опираться в первую очередь на аккумуляторные технологии, растет интерес к водородной энергии, особенно со стороны известных производителей, таких как **Hyundai** и **Toyota**, а также таких стартапов, как Nikola Corp.

**Nikola Corp**., разработчик и производитель аккумуляторно-электрических и водородно-электрических транспортных средств с нулевым уровнем выбросов, подписала меморандум о взаимопонимании с General Motors для глобального соглашения о поставках, связанного с интеграцией GM-системы топливных элементов Hydrotec в грузовые тягачи Nikola класса 8 с нулевым уровнем выбросов для средне- и дальнемагистральных грузоперевозок.

Соглашение с Nikola расширяет использование General Motors своей технологии топливных элементов на рынок грузовиков класса 7/8, представляет собой крупномасштабную коммерциализацию ее ведущей системы топливных элементов Hydrotec и дополняет аккумуляторно-электрическую силовую установку компании. Руководство компании уверено, что топливные элементы будут приобретать все большее значение для рынка грузовиков, поскольку они более эффективны, чем бензин или дизельное топливо.

После запуска в Северной Америке производства аккумуляторно-электрического транспортного средства Tre (BEV), Nikola планирует



Kenworth T680 Day Cab Drayage Truck на базе модуля Ballard FCveloCity (R)-HD



Транспортные средства на водородных топливных элементах являются электромобилями с нулевым уровнем выбросов, поскольку из выхлопной трубы они выбрасывают только водяной пар



Nikola планирует начать испытания серийно спроектированных прототипов своих грузовиков на водородных топливных элементах к концу 2021 г., а испытания бета-прототипов, как ожидается, начнутся в первой половине 2022 г. *Nikola Motors*

представить вариант FCEV для Nikola Tre Cabover и дальнемагистральный вариант Nikola Two FCEV Sleeper, нацеленный на лучшую в своем классе эффективность для диапазонов между 300–900 миль на рынке Северной Америки.

Ожидается, что в FCEV Nikola Tre и Nikola Two будут использоваться несколько общих силовых модулей на топливных элементах и масштабируемые системы хранения водорода. Обе системы в настоящее время находятся в разработке и тестировании с лидерами отрасли Nikola Engineering. Предполоается, что первые прототипы Tre, использующие эти системы, начнут дорожные испытания уже в 2022 г.

Нефтяные компании Shell и OMV объединились с тремя ведущими производителями тяжелых транспортных средств, чтобы декарбонизировать грузовой сектор Европы за счет чистого водорода. Новое сотрудничество с Volvo, Daimler и Iveco под названием $H_2$Accelerate направлено на «создание условий для массового вывода грузовиков с водородом на рынок Европы».

Но хотя чистый водород долгое время рекламировался как единственное долгосрочное экологичное решение для дальних грузовых перевозок из-за заявлений о том, что батареи никогда не смогут обеспечить необходимую мощность и энергию, существует и альтернативное мнение. Один из крупнейших в мире производителей автомобилей большой грузоподъемности, принадлежащий Volkswagen Scania, который производит автомобили с аккумуляторным и водородным питанием, пришел к выводу, что $H_2$ будет слишком неэффективным и дорогостоящим для осуществления перевозок на большие расстояния.

На сегодняшний день водородные транспортные средства еще не достигли экономической и социальной зрелости, позволяющей их широкое распространение. Промышленники и исследовательские лаборатории продолжают развивать эту технологию для улучшения ее характеристик и снижения затрат, в то время как несколько стартапов уже успешно запускают новые технологии, которые, возможно, станут будущим нашего автомобильного транспорта. Они должны быть действительно экологически чистыми и без углеродных следов. А технология топливных элементов — единственное решение с нулевым уровнем выбросов, которое позволяет выполнять транспортные операции без ущерба для окружающей среды.



**Nikola Two FCEV Sleeper — это решение для дальних перевозок с водородным питанием, обеспечивающее дальность пробега без дозаправки до 900 миль. Two FCEV использует преимущество водорода в весе для дальних коммерческих перевозок с нулевым выбросом вредных веществ. Он будет создан на новом шасси, специально разработанном для дальних маршрутов в Северной Америке, и ожидается, что будет запущен в производство к концу 2024 г.**



**Водородные топливные элементы открывают большие перспективы для автомобилей большой грузоподъемности в приложениях, требующих более высокой плотности энергии, быстрой дозаправки и увеличения запаса хода**



**Помимо работы над разработкой электромобилей, Toyota также фокусирует свои технологии с нулевым уровнем выбросов на грузовых автомобилях, особенно на тракторах. Поскольку Toyota не занимается непосредственно этим классом автомобилей, она совместно с Kenworth разработала электрический тягач большой мощности**



**Nikola Corporation и General Motors Co. объявили о стратегическом партнерстве, которое начинается с Nikola Badger и предусматривает снижение затрат по всем программам Nikola, включая Nikola Badger, Nikola Tre, Nikola One, Nikola Two и NZT. В рамках соглашения «Никола» будет использовать аккумуляторную систему Ultium от General Motors и технологию топливных элементов Hydrotec, что станет ключевым этапом коммерциализации General Motors (GM)**

# МОРСКОЙ СЛИЗЕНЬ С УДИВИТЕЛЬНЫМИ СПОСОБНОСТЯМИ

Морские брюхоногие моллюски из рода Elysia то и дело преподносят ученым сюрпризы. Сначала представители этого рода прославились тем, что очень мало нуждаются в добывании себе пищи во внешней среде. Изрядную долю питательных веществ они получают за счет фотосинтеза. В прозрачном теле моллюска размещены хлоропласты. Внутренний фотосинтез является источником 60 % необходимых моллюску питательных веществ.

Правда, хлоропласты эти морской слизень получает извне. Он все же вынужден питаться водорослью вида Halimeda incrassata, но если бы он просто кушал эту водоросль, источник внешнего питания был бы нужен моллюску гораздо чаще, чем это происходит на самом деле. В процессе питания моллюск захватывает хлоропласты, которые затем помещает во внешних слоях своего прозрачного тела. После этого хлоропласт продолжает производить фотосинтез и снабжает хитрого слизня необходимыми ему углеводами. Правда, со временем хлоропласты, увы, изнашиваются, и животное начинает нуждаться в новой порции.

А недавно были открыты удивительные способности рода Elysia к регенерации. Наблюдая за содержащимися в неволе морскими слизнями Elysia cf. marginata, ученые обнаружили, что некоторые особи отбрасывают целое туловище, как ящерица хвост. После этого головы некоторое время живут без сердца, почек, кишечника и репродуктивных органов, а потом отращивают новые тела.

Правда, относится это к молодым особям. Головы пожилых моллюсков новые туловища не отращивают. Хотя они продолжают подавать признаки жизни еще в течение примерно десяти суток, но добывать себе новую пищу не пытаются. Молодые слизни ведут себя совершенно иначе. Уже через несколько часов после отделения головы от тела, голова начинает поглощать водоросли. На вторые сутки рана затягивается, а в течение недели Elysia отращивает себе новое сердце. Двадцать суток спустя тело морского слизня бывает полностью восстановлено.

Что касается отделившихся от головы тел, они тоже какое-то время живут своей жизнью, но новые головы не отращивают. По понятным причинам, безголовые слизни водоросли не поглощают (голова — это очень важный орган, они в нее едят). Лишившиеся головы моллюски питаются исключительно фотосинтезом. Их активность постепенно снижается, и они погибают.

















Процесс регенерации слизня рода Elysia

Автор — Наталья Беспалова



Часть 2

# F-35 ЕДИНЫЙ УДАРНЫЙ ИСТРЕБИТЕЛЬ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ

*(Продолжение. Начало см. в № 4 2021 г. «Науки и Техники»)*

## ИСПЫТАНИЯ F-35

Сразу после оглашения победителя в конкурсе JSF с разработчиками был заключен контракт стоимостью 19 млрд долларов на разработку самолета и постройку 14 самолетов для летных и 7 — для наземных испытаний (статических, ресурсных, измерения ЭПР и пр.).

Для создания столь сложной машины были привлечены такие монстры авиастроения, как Northrop Grumman, BAE Systems, Pratt and Whitney и Rolls-Royce. Все вместе они входят в Lockheed Martin JSF team («Команда Локхид-Мартин JSF»). Каждый из партнеров «Локхид-Мартин» привнес свой опыт в области военной авиации в проектирование самолета. Например, Northrop Grumman участвовала в разработке РЛС AN/APG-81, электронно-оптической системы AN/AAQ-37, программного обеспечения системы обучения пилотов и техобслуживания самолета, BAE Systems — системы РЭБ, авионики, систем контроля оборудования, Rolls-Royce — подъемного вентилятора, механизма складывания крыла, Pratt and Whitney — двигателя F135.

Для проекта JSF фирме «Локхид-Мартин» очень пригодился опыт Northrop Grumman в области проектирования, использования и обслуживания малозаметных технологий и BAE Systems — лидера на Западе в области разработки, эксплуатации самолетов вертикального взлета и посадки Harrier.

По результатам испытаний экспериментальных образцов X-35 фирма-разработчик внесла изменения в конструкцию самолета. Так, носовая часть была удлинена на 13 см для увеличения объема отсеков бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО), а горизонтальное оперение сдвинули назад на 5,1 см для сохранения балансировки. Также изменили форму воздухозаборников и сместили их назад на 76 см, строительная высота увеличилась на 2,5 см (что увеличило запас топлива на 140 кг), увеличили размеры отсеков вооружения.

В самом начале работ в 2002 г. было выявлено значительное перетяжеление конструкции самолета. Наиболее критично этот фактор сказывался на варианте СКВВП из-за необходимости выполнения требования вертикальной посадки с неизрасходованным подвесным вооружением.

«Локхид-Мартин» оперативно создала специальную группу SWAT (STOVL Weight Attack Team), призванную решить проблему с массой самолета. В ней было задействовано 550 инженеров. Группа установила, что в основном перетяжеление конструкции было вызвано массой планера, оказавшейся на треть тяжелее, а двигатель, БРЭО, оборудование вписывались в прогнозируемые параметры.

Задача оказалась чрезвычайно трудной. Боролись буквально за каждый один фунт веса, даже при экономии столь малой массы в конструкцию вносились изменения. Например, инженер Стивен Тваддл предложил уменьшить площадь поверхности гаек с клеевым соединением,

**Автор — Андрей Тищенков**

В полете AF-6, AF-7, AF-3 и BF-18, АБ Эдвардс, 1 апреля 2016 г.

которых в самолете было несколько тысяч, чем выиграли около 10 кг.

Чтобы максимально заинтересовать сотрудников, было введено финансовое вознаграждение — 50 долларов за каждую идею и столько же за каждый сэкономленный один фунт веса. Позже награда была увеличена до 100 долларов за идею и до 500 долларов за фунт. К концу февраля 2006 г. Lockheed Martin выплатила сотрудникам за их старание более 1,2 млн долларов. *«Стоимость считается минимальной по сравнению с выгодами»*, — сказал Грег Хендерсон, директор отдела управления и контроля веса F-35 в Lockheed.

Принимались решения, напрямую не связанные с весом конструкции. Так, старшему инженеру по летно-техническим характеристикам самолета Брайану Лососу, работавшему над программой JSF с 1995 г., пришла в голову идея заменить одинарную створку носовой стойки шасси на двухстворчатую. Это увеличило вес конструкции шасси, но аэродинамический эффект от удаления одинарной створки, имеющей более высокую парусность, позволил уменьшить площадь вертикального оперения, и в итоге общая масса конструкции планера уменьшилась на 21 кг. За свою смекалку инженер получил высокое вознаграждение в размере 15 000 долларов.

За счет оптимизации трактов воздухозаборника и герметизации створок сопла подъемного вентилятора удалось повысить тягу двигателя на 363 кгс (конструкция самого двигателя не изменялась), что было эквивалентно экономии 1 135 кг массы.

Несмотря на все ухищрения огромной толпы высококлассных инженеров, фирме «Локхид-Мартин» пришлось пойти на «военную хитрость» — изменить в свою пользу техническое задание, уменьшив в два раза массу вооружения, размещаемого в двух грузоотсеках. Теперь калибр вооружения на внутренней



AF-6 совершает первый ночной вылет, АБ Эдвардс

подвеске ограничивался 450 кг, вместо 900 кг, требуемых заказчиком. Оставшиеся лишние килограммы конструкции самолета в итоге были признаны приемлемыми. Таким образом, тактико-технические требования просто подогнали под имеющийся самолет.

За почти два года работы меры по борьбе с лишним весом позволили снизить вес пустого самолета примерно на 1 800 кг. Многие изменения, разработанные для СКВВП, были внесены также в конструкцию вариантов F-35 для ВВС и ВМС.

Изменения в конструкции, связанные с рекомендациями SWAT, обошлись примерно в 6,2 млрд долларов. Согласно отчету Счетной палаты правительства за 2006 г., с момента создания затраты на разработку программы JSF увеличились на 84 %, а ее сроки сдвинулись примерно на пять лет. Окончательный срок поставки в варианте STOVL был продлен на два года, до 2012 г. Слишком высокая цена для в целом недостаточно эффективной работы. Проблема с весом одного варианта изменила производственный процесс, вызвала огромные задержки и рост общей стоимости программы.

Пока решались весовые проблемы, на заводе Форт-Уорт (штат Техас) 10 ноября 2003 г. приступили к производству планера первого опытного F-35A (номер AA-1) в модификации самолета обычных взлета и посадки (CTOL). Чтобы не задерживать процесс летных испытаний, решили не дожидаться окончания работы группы SWAT. Поэтому первый прототип отличался по конструкции от последующих опытных экземпляров.




**Первый полет F-35 AA-1 15 декабря 2006 г. На фото хорошо видна одинарная створка носовой стойки шасси, которая использовалась только на первом опытном самолете.** *Фото: «Локхид-Мартин»*

20 февраля 2006 г. AA-1 выкатили из цехов завода «Локхид-Мартин», а 15 декабря того же года он совершил свой первый полет. Самолет произвел полет на высоте 4 500 м, пилот самолета выполнил ряд маневров с целью проверки управляемости машины и функционирования двигателя и подсистем. После 35-минутного полета самолет совершил посадку на том же аэродроме.

Полет AA-1 последовал за серией наземных рулежных испытаний на низких, средних и высоких скоростях. Заключительные наземные тесты, в течение которых самолет развил скорость 150 и 200 км/ч, были проведены 12 декабря 2006 г.

13 ноября 2008 г. AA-1 впервые преодолел сверхзвуковой барьер, достигнув скорости 1,05 М. Длительность сверхзвукового полета составила 8 мин. Во время полета во внутренних отсеках самолета была размещена нагрузка массой 2 450 кг, имитировавшая две ракеты класса «воздух — воздух» средней дальности AIM-120 AMRAAM и две высокоточные управляемые бомбы GBU-31 JDAM фирмы «Боинг» массой 907 кг.

Следующей опытной машиной стал BF-1 в модификации самолета с коротким взлетом и вертикальной посадкой (STOVL), к сборке которого приступили осенью 2006 г. Это был первый F-35 с оптимизированной по массе

| Версия самолета | Номер | Дата первого полета |
|---|---|---|
| F-35A | AA-1 | 15.12.2006 |
| | AF-1 | 14.11.2009 |
| | AF-2 | 20.04.2010 |
| | AF-3 | 06.07.2010 |
| | AF-4 | 30.12.2010 |
| | AF-6 (серийный) | 12.05.2011 |
| | AF-7 (серийный) | 06.05.2011 |
| F-35B | BF-1 | 11.06.2008 |
| | BF-2 | 25.02.2009 |
| | BF-3 | 02.02.2010 |
| | BF-4 | 06.04.2010 |
| | BF-5 | 26.01.2011 |
| | BF-17 (серийный) | 24.07.2012 |
| | BF-18 (серийный) | 08.08.2012 |
| F-35C | CF-1 | 06.06.2010 |
| | CF-2 | 29.04.2011 |
| | CF-3 | 21.05.2011 |
| | CF-5 | 30.11.2012 |



**Первый полет AF-1 в сопровождении F-16. Авиабаза Эдвардс, 14 ноября 2009 г.**





**Варианты F-35B и F-35C не имеют встроенной пушки. На фото: испытание пушки GAU-22/A в контейнерном исполнении. CF-03, 6 июня 2017 г.**

**◂ BF-1 выкатили из цеха 18.12.2007 г.**




**Летающая лаборатория CATBird**

конструкцией планера. Первый его полет состоялся 11 июня 2008 г.

7 января 2010 г. второй опытный образец СКВВП BF-2 впервые выполнил полёт с использованием подъемного вентилятора LiftFan фирмы Роллс-Ройс. Управление самолетом осуществлял летчик г. Томлинсон от фирмы BAE Systems. Взлетев, летчик выполнил набор высоты до 1,5 км и ввел в действие систему LiftFan на скорости 460 км/ч, после этого он снизил скорость до 330 км/ч, а потом увеличил ее до 390 км/ч и перешел к горизонтальному режиму полета. Силовая установка режима STOVL использовалась во время полета в течение 14 мин.

18 марта 2010 г. BF-1 совершил первую вертикальную посадку на военно-морской авиабазе Патаксент-Ривер (штат Мэриленд).

Самым последним из трех вариантов 6 июня 2010 г. поднялся в воздух палубный самолет F-35C CF-1. Истребитель F-35C в начале ноября 2014 г. выполнил первую посадку на атомный авианосец CVN-68 «Нимиц» с применением аэрофинишера. Авианосец находился у побережья штата Калифорния в районе г. Сан-Диего.

Всего в программе летных испытаний было задействовано 17 самолетов, четыре из которых серийные.

С конца ноября 2008 г. для испытаний бортового оборудования F-35 привлекалась летающая лаборатория (ЛЛ) CATBird (catbird — дрозд, также является позывным компании «Локхид-Мартин», аббревиатура CATB обозначает Cooperative Avionics Test Bed — стенд для испытаний интегрированного БРЭО), созданная на базе Боинг-330. ЛЛ дооборудована имитациями элементов конструкции и несущих поверхностей F-35, чтобы воспроизвести взаимное расположение всех электронных и оптических датчиков испытываемого самолета.

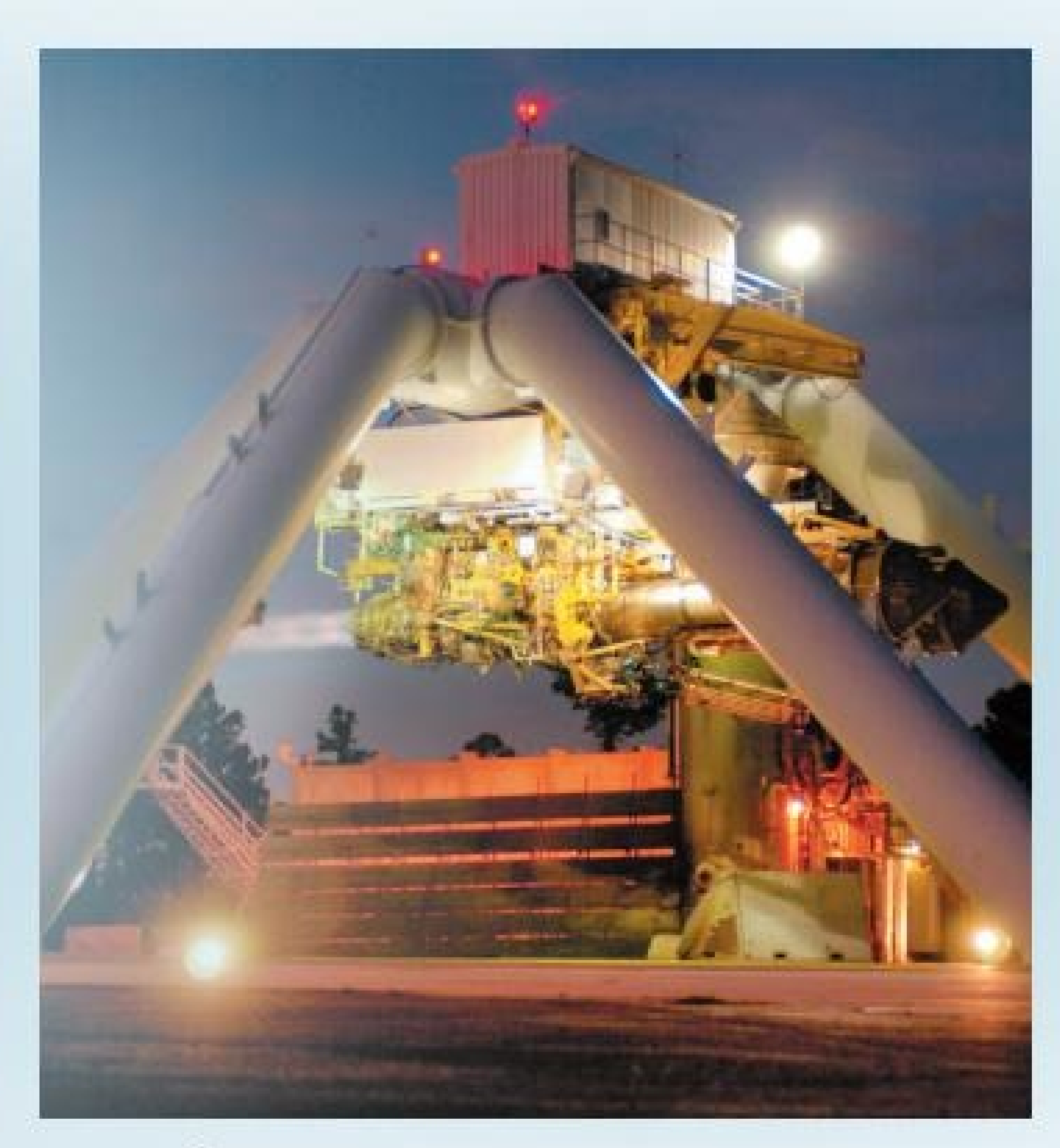
Первым опытным самолетом, оснащенным полным составом БРЭО, стал F-35B (BF-4). В 2012 г. начались испытания по отработке вооружения. Так, 16 февраля F-35A взлетел с двумя ракетами AIM-9X, четырьмя управляемыми авиационными бомбами (УАБ) калибра 907 кг на внешней подвеске и бомбами GBU-31 и ракетами AIM-120 по две каждая во внутрен-



**CF-1, на внешней подвеске ракеты AIM-9X и УАБ GBU-31, 5 августа 2016 г.**



CF-01 впервые выполняет полет с AGM-154 (JSOW) на внутренней подвеске



Стенд для испытания поворотного сопла
и подъемного вентилятора F135

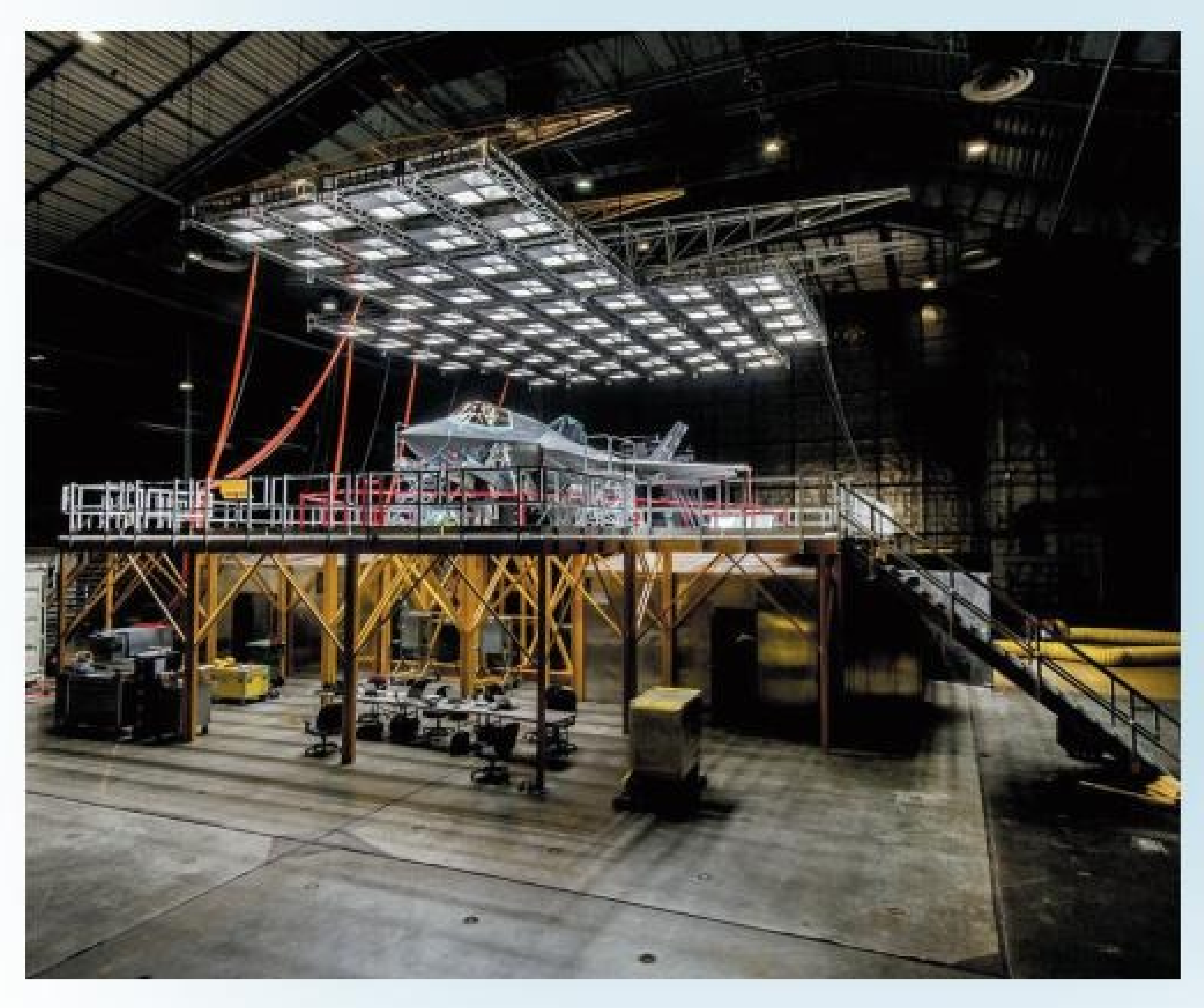


Один из наземных опытных образцов F-35B (BG-1) после испытания 25-мм пушки GAU-22/A

них отсеках. 8 августа с истребителя F-35B (BF-3) был осуществлен первый сброс УАБ CBU-32 калибра 454 кг, а 16 октября — с F-35A (AF-1) сброс CBU-31 калибра 907 кг. Первый пуск ракеты «воздух — воздух» AIM-120C5 с AF-1 по реальной воздушной цели (мишени) был произведен 30 октября 2013 г.

Испытания на применение оружия вскрыли неприятную особенность — в случае асимметричного открытия/закрытия створок отсеков вооружения возникало вращение вокруг продольной оси. Проблему решили путем корректировки математической модели системы управления полетом.

Для наземных испытаний Lockheed Martin построила в общей сложности шесть образцов, по два каждого из трех вариантов F-35. В ресурсных испытаниях планер F-35A значительно превзошел требование заказчика (8 000 часов), превысив результат в три раза — до 24 000 часов, что дает программе JSF уверенность в потенциальном увеличении срока службы.



Климатические испытания BF-05 проводились в течение шести месяцев в лаборатории на авиабазе Эглин, где имитировались воздействия сильного ветра, солнечной радиации, тумана, влажности, снега, образование обледенения. Испытательная камера лаборатории имеет длину 77 м, ширину 61 м и высоту 21 м. Для испытаний самолета с поворотным соплом двигателя и подъемным двигателем была спроектирована удерживающая конструкция высотой 3,6 м, переплетенная с системой вентиляционных каналов. Она закрепляла F-35 и позволяла ему работать на большой мощности как в обычном режиме, так и в режиме укороченного взлета/вертикальной посадки, находясь внутри здания

А вот у варианта для КМП F-35B в ходе испытаний на усталость выявились серьезные проблемы — в декабре 2012 г. были обнаружены многочисленные трещины в поперечном каркасе после 7 000 часов испытаний. В феврале 2019 г. появились сообщения в средствах массовой информации, что на первых серийных F-35B срок службы может быть ограничен 2 100 часами, т. е. четвертью от положенного заданием. Правда, буквально через неделю «Локхид Мартин» опровергла эти сообщения, заверив американскую общественность, что данный показатель составляет не менее 16 000 часов.

Заключительный испытательный полет этапа разработки и демонстрации системы (SDD — System Development and Demonstration) состоялся 11 апреля 2018 г. на военно-морской авиабазе Патаксент-Ривер.

*«Программа летных испытаний F-35 представляет собой наиболее полную, детальную и безопасную программу летных испытаний в истории авиации»*, — заявил Грег Улмер, вице-президент Lockheed Martin и генеральный менеджер программы F-35.

И действительно, объем испытаний был огромен. В течение 11 лет было выполнено 9 200 самолето-вылетов с общим суммарным налетом 17 000 часов, проведено 1 500 испытаний вертикальной посадки СКВПП F-35B. При этом не было потеряно ни одного самолета.

В настоящее время летные испытания F-35 продолжаются для поэтапного улучшения боевых возможностей.



**Наземные испытания вооружения**




**11 апреля 2018 г. CF-02 совершает последний испытательный полет испытательного этапа SDD. На внешней подвеске ракеты класса «воздух — воздух» AIM-9X и УАБ GBU-31**




**В ходе испытаний, которые прошли 25 августа 2020 г. на полигоне в Неваде, истребитель 5-го поколения сбросил макет термоядерной бомбы B61-12 из внутреннего грузоотсека на сверхзвуковой скорости**

# АМЕРИКАНСКИЙ СТАНДАРТ

Американские «стандартные линкоры» в кильватерной колонне

Создав очень удачные линкоры типа «Пенсильвания», командование ВМФ США стало развивать эту линию кораблей, получившую название «американские стандартные линкоры». Их постройка была поставлена на поток — по две единицы в год. Три следующих корабля этой «линии», «Нью-Мексико», «Миссисипи» и «Айдахо» (USS New Mexico, USS Mississippi, USS Idaho), отличались от предшественников лишь некоторыми усовершенствованиями, из которых сразу бросался в глаза клиперный нос. Однако основные изменения коснулись вооружения и энергетической установки.

Более мощные 50-калиберные орудияглавного калибра (ГК) были установлены в башнях с раздельным наведением стволов. Из-за этого выросли размеры и вес башенных установок. «Нью-Мексико» и «Миссисипи» при вступлении в строй, как и предшественники, несли двадцать два 127-мм/51 орудия, четыре из которых находились под палубой бака в носу, еще четыре — под верхней палубой в корме, 10 — в центральной надстройке-каземате и еще четыре — на его крыше. Через несколько лет все восемь орудий, стоящих под палубами, демонтировали, а их порты заделали. Уменьшение числа пушек вспомогательного калибра было связано с постоянным заливанием нижних портов даже в тихую погоду. Линкор «Айдахо» уже при постройке имел только 14 орудий.

Головной дредноут «Нью-Мексико» получил турбоэлектрическую установку (ТЭУ) Кертиса, которая включала два агрегата и развивала 27 500 л. с. Остальные линкоры оснащались четырьмя прямодействующими турбозубчатыми агрегатами мощностью в 32 000 л. с. Пар вырабатывали 12 котлов. Испытания показали, что «Нью-Мек-



Американский линкор «Нью-Мексико» на момент вступления в строй

Автор — Юрий Каторин

сико» с экспериментальной машиной, при одинаковой скорости хода, затрачивает гораздо меньше топлива, чем его «систершипы». Вместе с положительными эффектами были выявлены и отрицательные стороны новой силовой установки: она имела больший вес и ужесточала требования к профессиональной подготовке обслуживающих ее специалистов. Поэтому больше никто, кроме США, боевых кораблей с ТЭУ не строил.

Внешний вид являл собой стандартный линкор США — одна дымовая труба, две высокие решетчатые мачты, овальная в плане боевая рубка, небольшая носовая надстройка со складывающимися крыльями ходового мостика, пара вентиляционных раструбов, две пары линейно-возвышенных трехорудийных башен ГК, расположенные на корме и в носовой части. Появление клиперного изогнутого форштевня визуально отличало линкоры этой серии от всех остальных предшественников. Общая длина корабля была увеличена до 190,2 м, ширина составляла 29,7 м, высота корпуса до верхней палубы — 16,47 м. Это привело к увеличению водоизмещения — при полной загрузке оно составляло 33 000 т. Экипаж состоял из 58 офицеров и 1 026 матросов. Условия жизни на линкоре были комфортными. Офицерские каюты имели размеры 3,6 х 5,5 м, высоту потолков 2,4 м, в них размещались кровать, шкаф, умывальник и письменный стол с сейфом. Каждый матрос кроме личного спального места, получал свой шкаф для вещей. Каждое помещение имело вентиляцию и хорошее освещение, стояли холодильники и автоматы для кофе. Также имелись читальни и учебные классы.

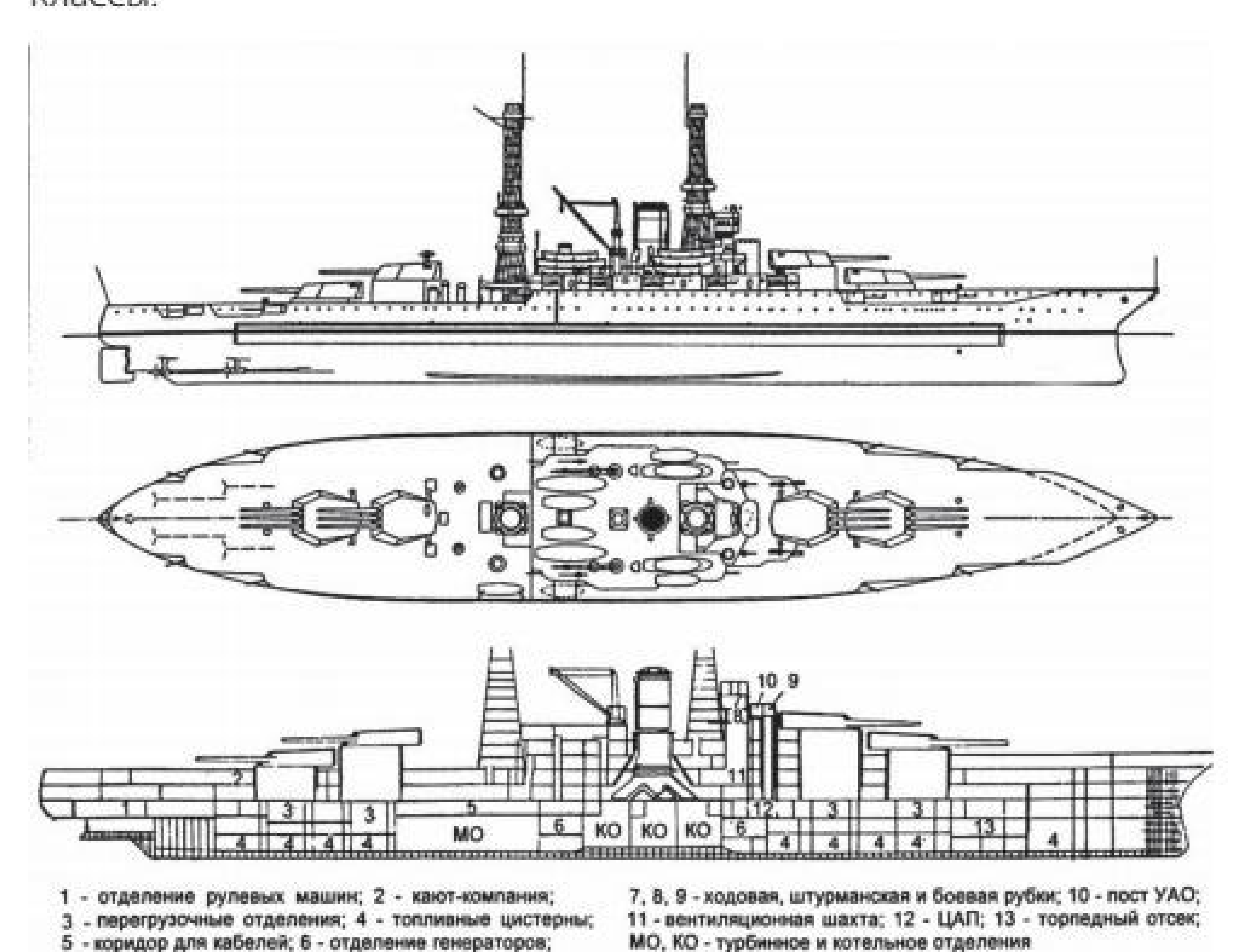



Схема общего расположения и продольный разрез линкора типа «Нью-Мексико», 1918 г.

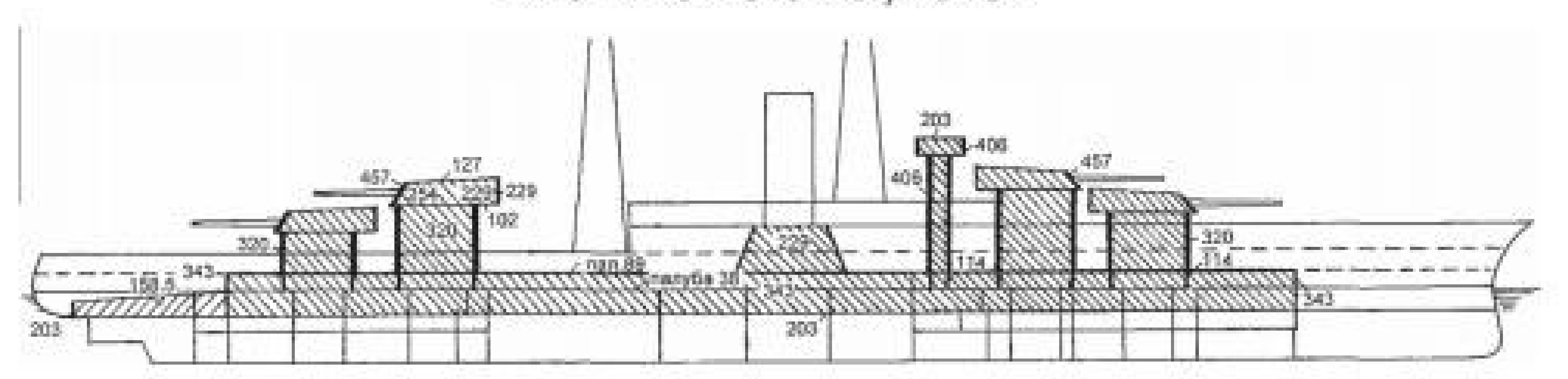


Схема бронирования линкоров типа «Нью-Мексико»

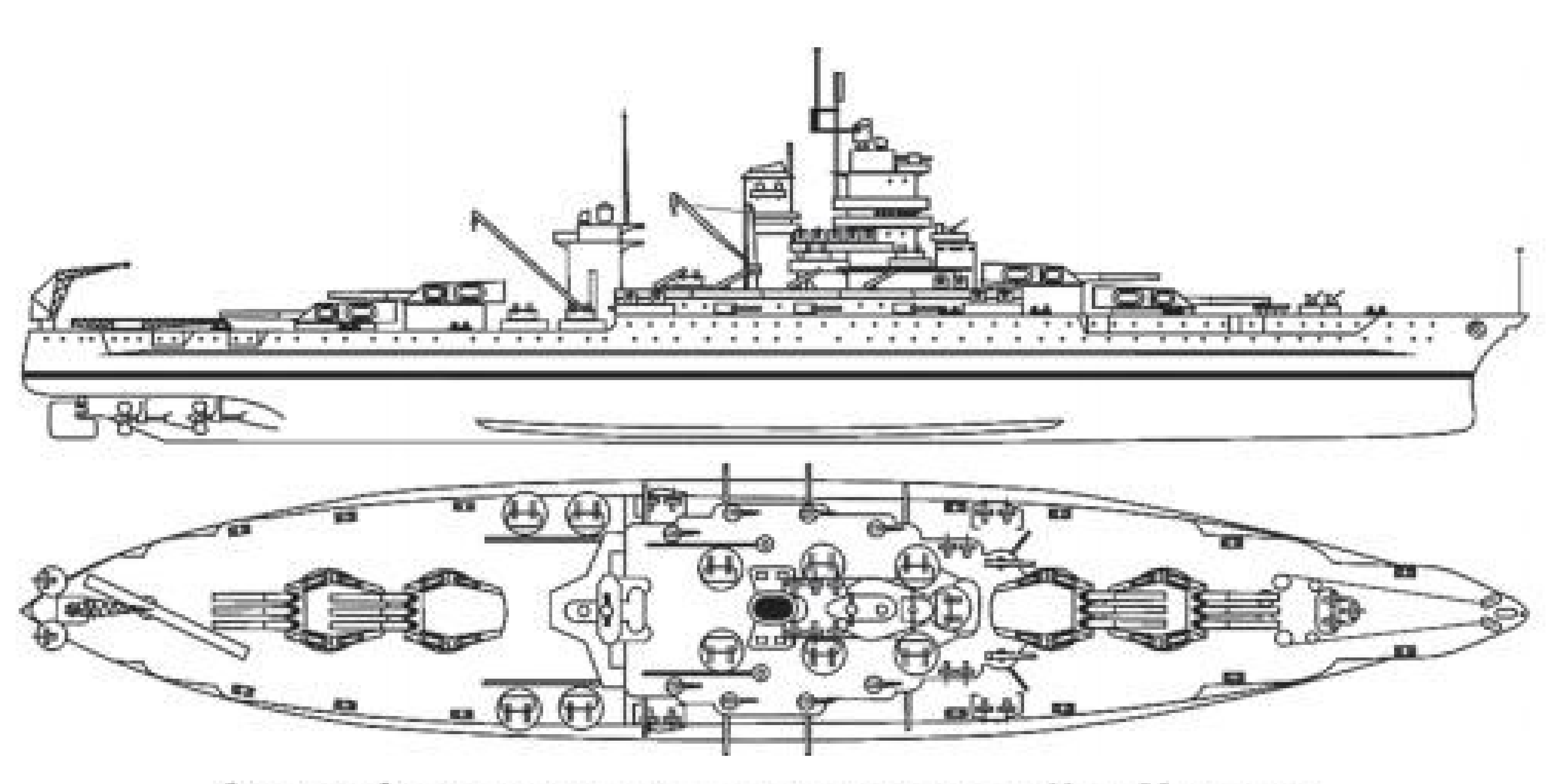
Бронирование, как и у предыдущих линкоров, проводилось по схеме, разработанной американскими конструкторами, — «все или ничего». По их мнению, во время боя с линкором врага основными снарядами выступают бронебойные боеприпасы. На этом основании важные элементы корпуса и вооружения были защищены 457-мм и 343-мм плитами. Поскольку покрыть весь корпус таким «панцирем» было невозможно, то основой защиты была 125-метровая цитадель, которая прикрывала погреба и механизмы. Она начиналась задолго до барбета носовой башни главного калибра, оставляя незащищенной чуть более 24 м носовой оконечности, и простиралась значительно дальше края барбета 4-й башни. Вертикальная защита борта высотой 5,18 м состояла из 343-мм вертикально расположенных броневых плит. От главного бронепояса в корму по ватерлинии примерно на 22 м простирался еще один броневой пояс. Основными его отличиями от пояса цитадели была меньшая примерно на 2,3 м высота, а толщина постепенно снижалась с 343 до 158 мм. Толщина брони траверзов цитадели составляла 343 мм. Кормовой узкий бронепояс, прикрывавший рулевое управление, замыкался с кормы еще одним 203-мм траверзом. На всем протяжении броневого пояса цитадели на верхнюю его кромку опиралась главная броневая палуба, как бы крышей сверху закрывая защищенное поясом пространство корпуса. Главная броневая палуба находилась на уровне и являлась второй палубой линкора. Барбеты башен главного калибра имели толщину в 320 мм, над главной бронепалубы, а ниже — 114 мм. Боевая рубка — 406 мм, башни ГК — до 457 мм, палубы — 70–140 мм.

Все три дредноута типа «Нью-Мексико» начинали службу в Атлантическом флоте США. В 1931–1934 гг. линкоры прошли масштабную модернизацию. За счет установки бортовых булей усилена противоторпедная защита, общая глубина которой достигла 6,7 м. Увеличена толщина палубы до 140 мм, решетчатые мачты были заменены мачтами-треногами, переделаны надстройки, улучшены системы управления артиллерией. На кораблях появились две новые надстройки, где располагались командно-дальномерный пост управления огнем ГК, посты управления огнем зенитной и вспомогательной артиллерии. Измененная конструкция башен главного калибра позволяла вести огонь с возвышением 30° на расстояние около 30 км. Усилена зенитная артиллерия — 76,2-мм зенитную батарею заменили на восемь 127-мм орудий, установили несколько зенитных автоматов. В процессе модернизации усовершенствовали и энергетическую установку, ста-

| Название | Верфь | Закладка | Спуск на воду | Ввод в строй | Судьба |
|---|---|---|---|---|---|
| USS New Mexico (BB-40) | New York Navy Yard | 14 октября 1915 г. | 23 апреля 1917 г. | 20 мая 1918 г. | списан 25 февраля 1947 г. |
| USS Mississippi (BB-41) | Newport News | 5 апреля 1915 г. | 25 января 1917 г. | 18 декабря 1917 г. | списан 17 сентября 1956 г. |
| USS Idaho (BB-42) | New York Shipbuilding Corporation | 20 января 1915 г. | 30 июня 1917 г. | 24 марта 1919 г. | списан 16 сентября 1947 г. |


Линкор «Нью-Мексико» проходит Панамский канал

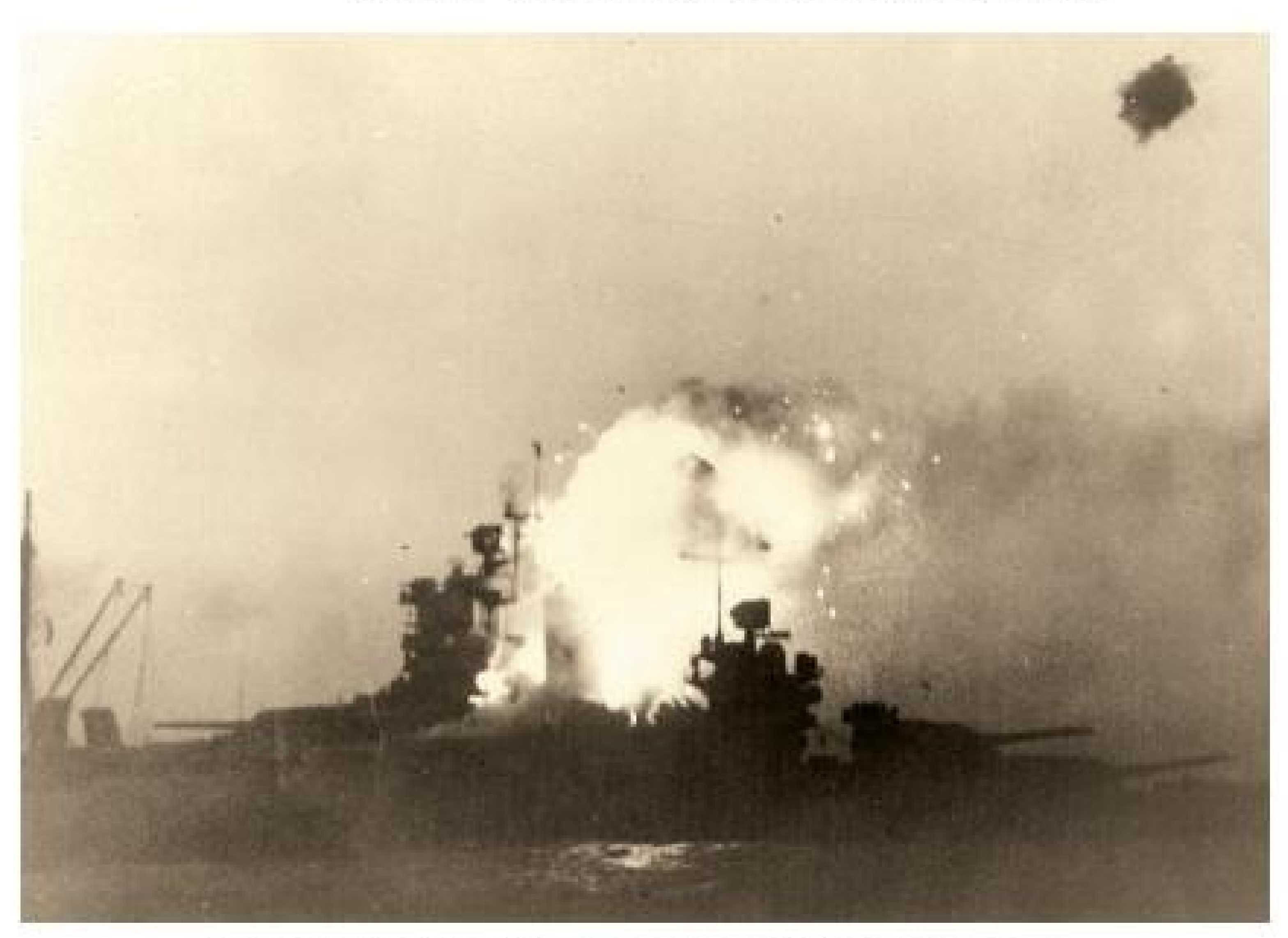

Линкор «Айдахо» в доке


Схема общего расположения линкора типа «Нью-Мексико» после модернизации 1930-х гг.


Линкор «Миссисипи» после модернизации

рые котлы заменили более производительными новыми, за счет этого мощность машин увеличилась до 40 000 л. с. Запас нефти довели до 5 402 т (полный).

В первые годы Второй мировой войны они осуществляли поддержку конвоя по пути следования из Америки в Европу. После нападения на Перл-Харбор линкоры перевели в Тихий океан, где они приняли участие в ряде морских сражений. Несколько раз они подвергались атаке со стороны японских самолетов-камикадзе, в результате которых несли потери и получали повреждения, но после ремонтных работ продолжали службу. Например, при обстреле острова Макин 20 ноября 1943 г. одна из башен «Миссисипи» взорвалась, убив 43 человека, 12 мая USS New Mexico подвергся атаке «камикадзе» и получил серьезные повреждения. Была пробита палуба, боезапас зениток провалился в котельное отделение, выведя котлы из строя, возник большой пожар. Погибло 58 человек, ранено 119. Срочный ремонт произведен на месте силами ремонтного судна USS Oceanus. За время операции у Окинавы линкором USS New Mexico израсходовано 2 778 ед. 356-мм и 19 098 ед. 127-мм снарядов, сбит 21 самолет. 2 сентября 1945 г. «Нью-Мексико» и «Миссисипи» присутствовали в Токийском заливе во время подписания акта о капитуляции Японии.


Линкор USS New Mexico после атаки «камикадзе»


Линкор «Теннесси» после вступления в строй (США, 1920 г.)

| Название | Верфь | Заложен | Спущен | В строю | Списан |
|---|---|---|---|---|---|
| USS Tennessee (BB-43) | New York Navy Yard | 14.05.1917 | 30.04.1919 | 03.06.1920 | 14.02.1947 |
| USS California (BB-44) | Mare Island NSY | 25.10.1916 | 20.11.1919 | 10.08.1921 | 14.02.1947 |

После окончания военных действий линкоры были выведены из состава флота и вскоре отправлены на слом. Кроме «Миссисипи», который прибыл в Норфолк 27 ноября, где он был переоборудован 15 февраля 1946 г. в AG-128. В этом качестве линкор служил в составе ВМС следующие 10 лет, испытывая новые виды оружия.

Основные размерения, сильно выросшие у «Пенсильвании», дальше у «линии» почти не менялись — еще два примерно таких же корабля «Теннесси» (USS Tennessee) и «Калифорния» (USS California), были заложены в 1917 г. Они обладали по сравнению с предшественником лучшей противоторпедной защитой и увеличенным с 15° до 30° максимальным углом возвышения орудий главного калибра. В проекте «Теннесси» наконец снова появились развитые надстройки и мостики, удобные для повседневной службы. Характерной отличительной чертой линкоров были две высокие ажурные мачты с массивными постами управления стрельбой на топах.  Корпус, надстройки и артиллерия в основном повторяли проект USS New Mexico, только несколько увеличивалась толщина брони траверзов и палуб. Главные изменения произошли с силовой установкой: вместо двух турбоагрегатов установили четыре другой конструкции, вместо одной трубы — две.

Линкоры типа «Теннесси», в отличие от экспериментального «Нью-Мексико», сразу проектировались как турбоэлектроходы, что повлекло изменения в расположении котлов и машин по сравнению с предыдущим типом. Два машинных отсека располагались в диаметральной плоскости, защищенные с боков котельными отделениями (по четыре с каждого борта, восемь котлов на нефтяном отоплении). Такое расположение главных агрегатов корабля повышало живучесть энергетической установки. Теперь, даже при частичном затоплении котельных с одной стороны, турбины получали пар от котлов другого борта. Две турбины имели суммарную мощность 28 600 л. с. Они вращали два трехфазных генератора номинальной мощностью по 12 500 кВт, вырабатывающих ток под напряжением 3 400 В. Ток подавался на четыре гребных электродвигателя мощностью по 5 200 кВт. За машинными отделениями следовало отделение электродвигателей, разделенное на три отсека: в боковых размещались гребные электродвигатели внешних валов, в центральном — два электродвигателя, вращающих внутренние валы.

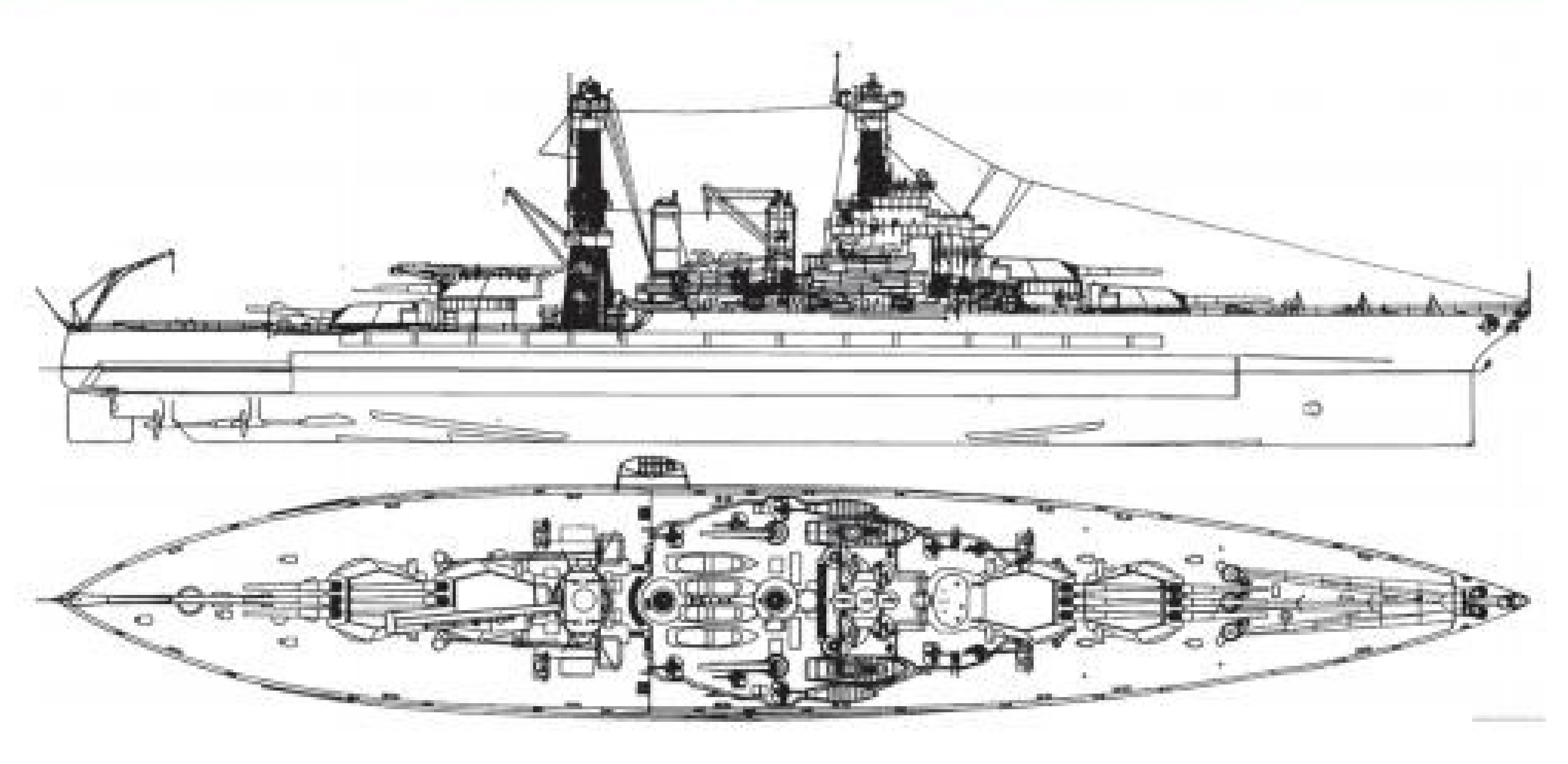


Схема общего расположения линкора типа «Теннесси»

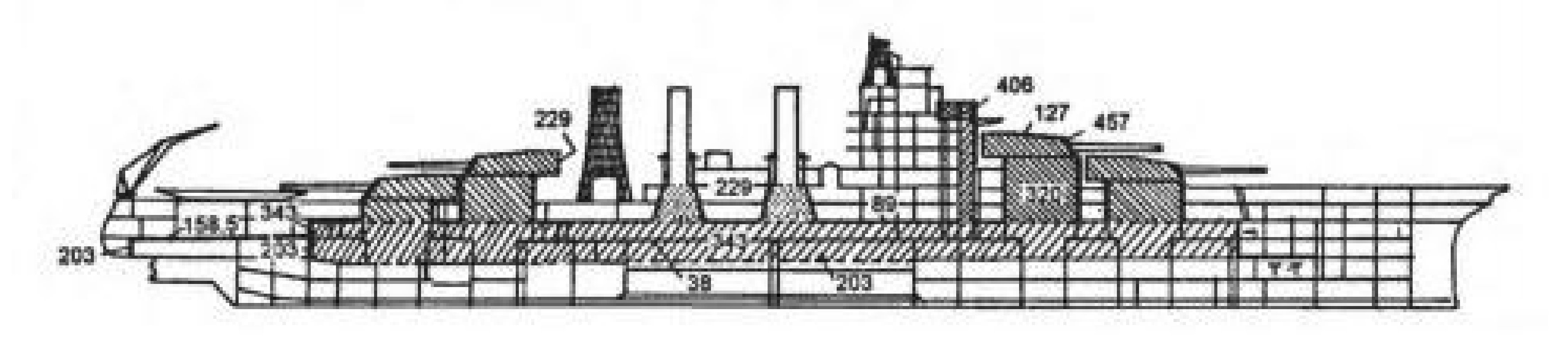
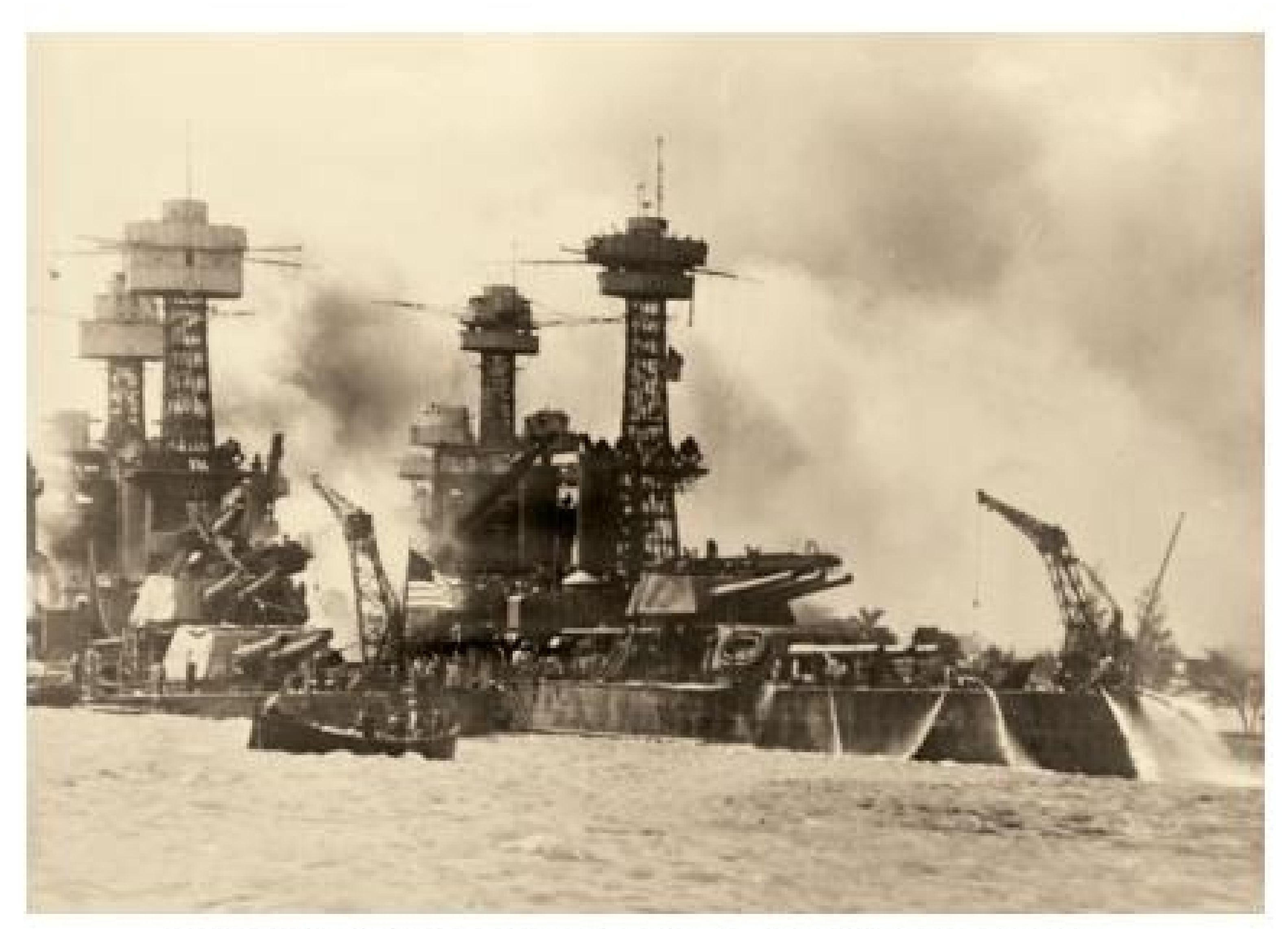
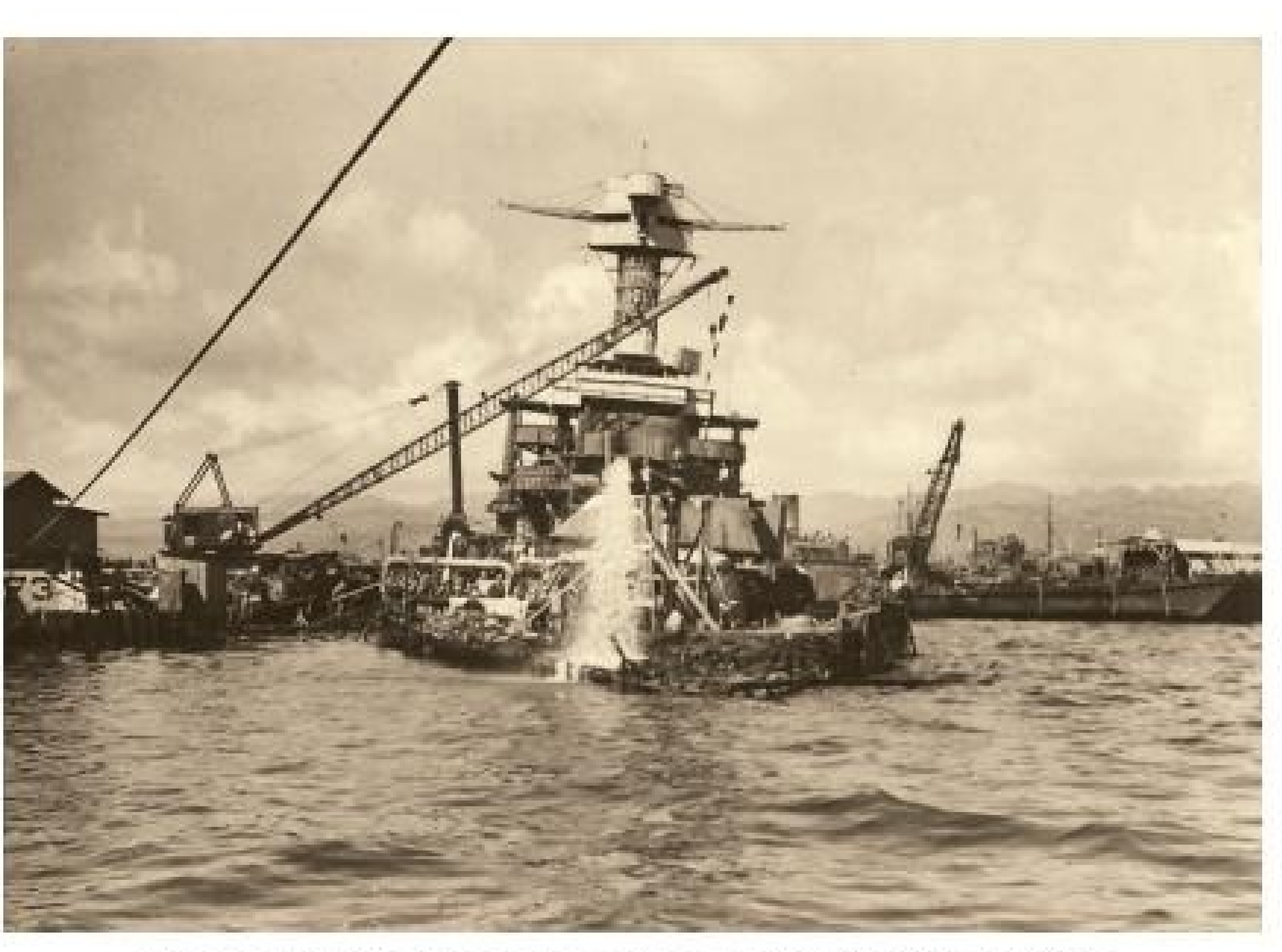



Схема бронирования линкоров типа «Теннесси»

Схема бронирования практически повторяла «Нью-Мексико». Пояс имел максимальную толщину 343 мм, но на расстоянии 1,978 м от верхней кромки толщина плит начинала постепенно уменьшаться до 203 мм. Броневые траверзы имели толщину 343 мм вверху и 203 мм по нижней кромке. Верхними кромками плиты пояса крепились к главной броневой палубе, набранной из двух слоев: 43,6-мм стали специальной закалки (STS) и 44,4-ммникелевой стали (NS). Под главной броневой палубой параллельно ей на всем протяжении проходила противоосколочная палуба: 24,9 мм STS на 12,4 мм подложке мягкой судостроительной стали. Карапасная палуба, прикрывавшая рулевые механизмы за кормовым траверзом, имела толщину 158,5 мм: 114 мм STS на 44,5 мм судостроительной стали. Она заканчивалась 203-мм траверзом. Выше главного пояса бронировались только дымоходы 229-мм броней, барбеты 102–320-мм, а наибольшее бронирование имели башни глав-



Пожар на линкоре «Теннесси» в Перл-Харборе, 1941 г.



Линкор «Калифорния» на грунте в Перл-Харборе, 1941 г.

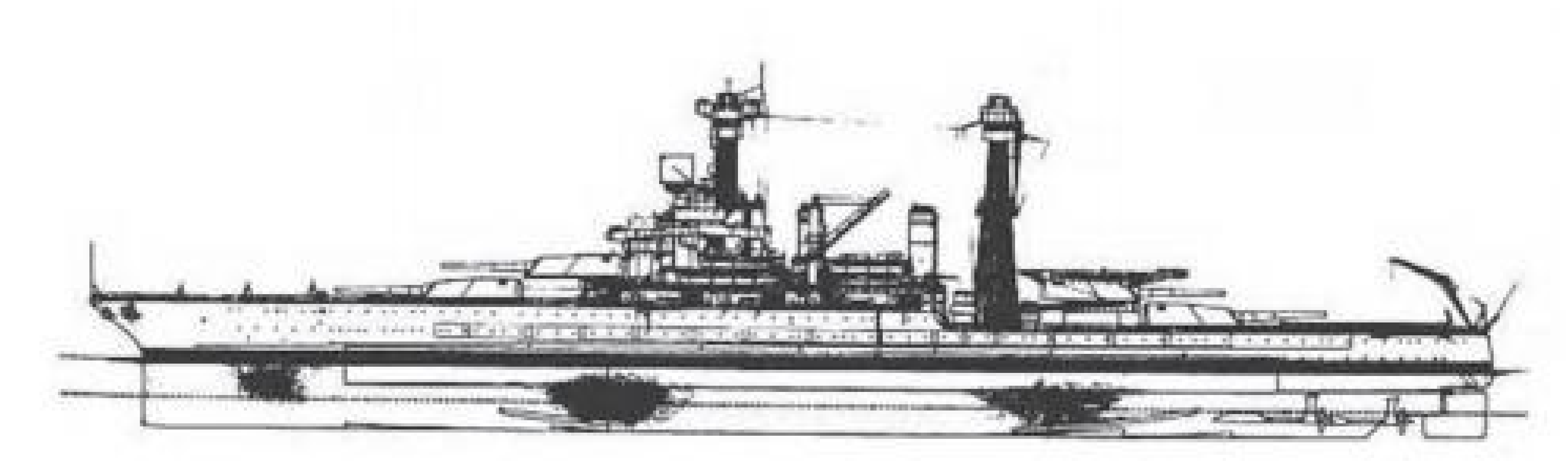


Схема попадания торпед в линкор «Калифорния»



Линкор «Теннесси», 1945 г.

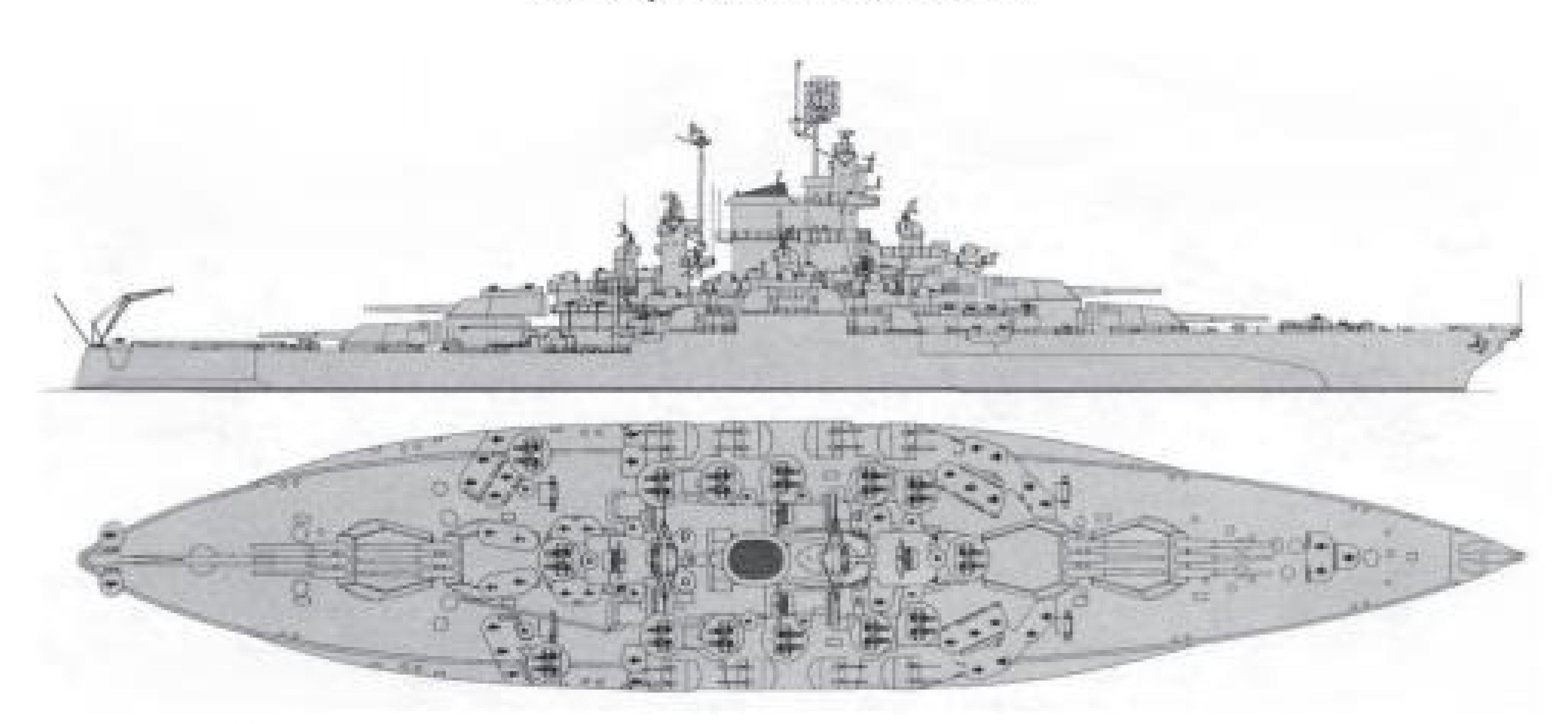


Схема общего расположения линкора типа «Теннесси» после модернизации

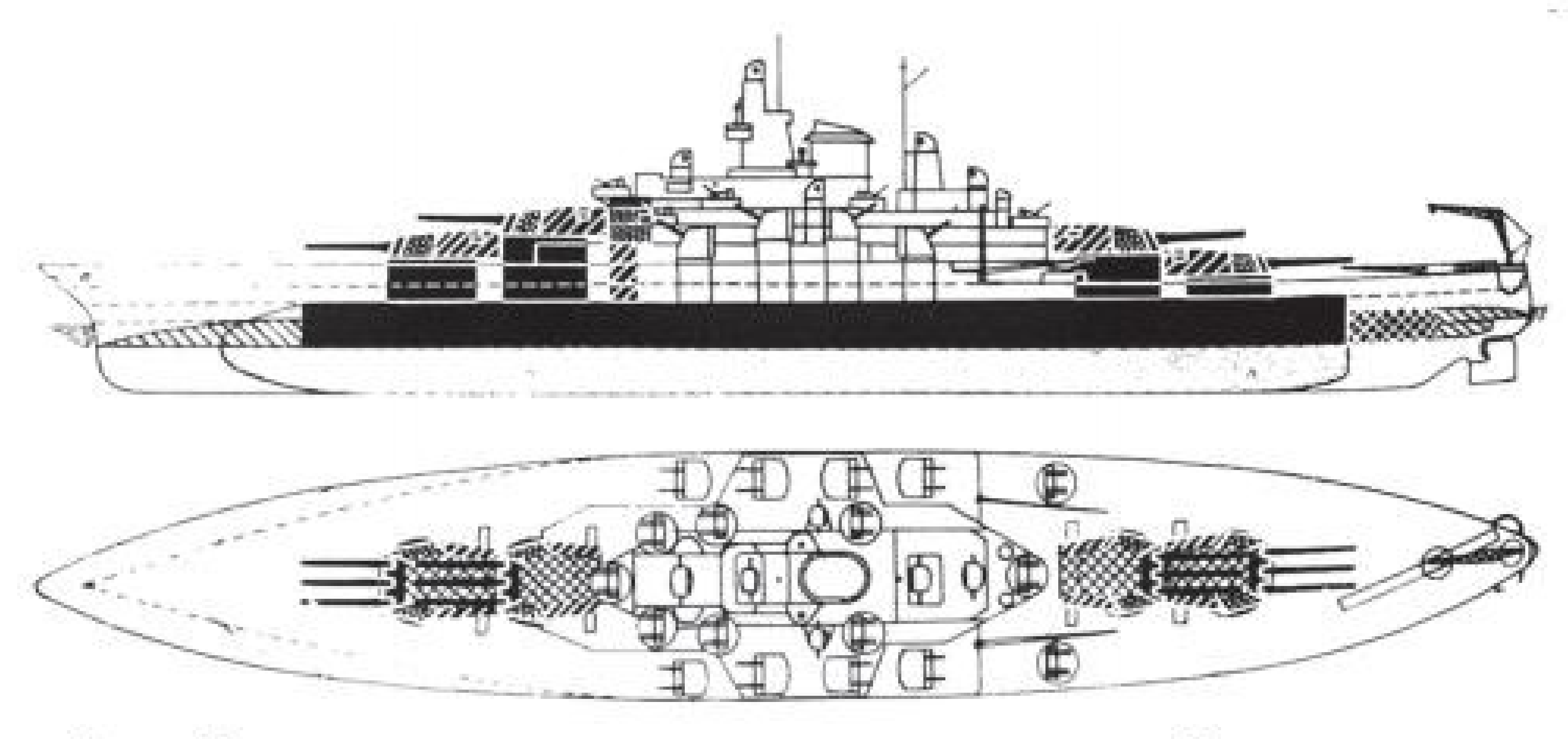


Схема бронирования и размещения артиллерии линкора «Теннесси» после модернизации

ного калибра — лоб 457 мм, бока 254 мм и крыша 127 мм. Такое же усиленное бронирование имела и боевая рубка: стены — 406 мм, крыша — 152 мм.

Водоизмещение 34 000 т, основные размерения 190,4 x 29,7 x x 9,2 м, скорость 21 узел, дальность плавания 10 000 миль на 10 узлах, экипаж 1 083 человека. Бронирование: пояс — 343–203 мм; барбеты — 320 мм; башни — 457–127 мм; палубы — 88–37 мм; рубка — 406 мм. Вооружение: двенадцать 356-мм, четырнадцать 127-мм орудий, четыре 76-мм зенитки (с 1922 г. — восемь); два 533-мм подводных торпедных аппарата. В составе экипажа находилось 1 146 человек, из которых 50 человек были офицеры, 70 — морские пехотинцы и 1 026 — матросы.

В межвоенный период линкоры выполняли морские походы по Атлантическому и Тихому океанам. Оба корабля этого типа были серьезно повреждены во время японского нападения на Перл-Харбор. Линкор «Теннесси» получил два попадания 800-кг бомбами, переделанными из 410-мм бронебойных снарядов. Бомбы попали в ствол одного из орудий башни № 2 и в крышу башни № 3 главного калибра, но, несмотря на высокую скорость, они не смогли пробить броню и нанесли относительно небольшой урон. В результате попаданий погибло пятеро и ранен 21 член экипажа. Основной ущерб кораблю нанес сильнейший пожар стоящих рядом линкоров USS West Virginia и USS Arizona. У «Теннесси» от огня сильно нагрелся корпус, но отойти не было возможности, так как линкор был заблокирован затонувшими кораблями. Особенно сильно обгорела корма «Теннесси», при этом металл обшивки был искорежен от высокой температуры. Во избежание взрыва на корабле кормовые погреба пришлось затопить. Более суток моряки боролись с огнем, лишь 16 декабря удалось освободить линкор из ловушки и 20 декабря отправить его в ремонт на верфь Пьюджэт Саунд.

В отличие от большинства других кораблей, ошвартованных попарно, «Калифорния» была открыта атакам со всех сторон. В начале атаки торпедоносцев она получила два попадания торпедами, пришедшимися ниже броневого пояса. Позднее в линкор попали две бомбы, одна из которых взорвалась в небольшом складе боеприпасов. Хотя линкор «Калифорния» одним из последних подвергся атаке, его боевая готовность оказалась хуже других: большинство офицеров (притом самых опытных), включая командира, были на берегу, а оставшаяся «молодежь» не смогла действовать быстро и эффективно.
В целом конструкция корабля обеспечивала хорошую защиту от подводных взрывов и две пробоины от торпед не должны были стать роковыми, но водонепроницаемые переборки были открыты из-за приближающейся инспекции корабля, поэтому линкор начал быстро заполняться водой и крениться. Тем не менее вскоре «Калифорния» была готова дать ход, но тут поток горящей нефти, стекающей вдоль ряда линкоров, вызвал угрозу пожара, поэтому команде был дан приказ покинуть корабль. Когда из-за сменившегося ветра, горящая нефть отступила от линкора и команда вернулась на корабль, заделать течи уже было невозможно. Несмотря на все попытки удержать линкор на плаву, «Калифорния» медленно оседала и 10 декабря легла на дно бухты. На корабле погибли 126 членов экипажа (из них шесть офицеров), ранен 61 (в том числе три офицера). Линкор подняли со дна 24 марта 1942 г. и поставили в сухой док Перл-Харбора для предварительного ремонта. 7 июня он своим ходом отправился на верфь Пьюджет Саунд для окончательного устранения повреждений и модернизации.

При ликвидации повреждений с сентября 1942 г. по май 1943 г. USS Tennessee прошел капитальную модернизацию. Корпус для лучшей остойчивости был оснащен булями, надстройки

были полностью демонтированы и заменены новыми, противоминная батарея из десяти 127-мм/51 противокорабельных и восьми 76-мм/50 зенитных орудий были заменены восемью спаренными 127-мм/38 универсальными орудиями и 20-мм и 40-мм зенитными автоматами. Двойная труба была заменена одинарной, встроенной в надстройку. Броня боевой рубки заменена на более легкую, толщиной в 127 мм. Получивший в Перл-Харборе более тяжелые повреждения USS California находился в ремонте до января 1944 г., на нем проводились те же работы по модернизации, что и на его систершипе. После модернизации водоизмещение кораблей составило 34 859 т (полное 40 354 т), скорость уменьшилась до 20,5 узла.

После реставрации дредноуты продолжили службу, участвовали в нескольких сражениях, но ничем особенным не отличились. В период с 20 по 28 июля 1944 г. линкоры попеременно участвовали в обстрелах острова Гуам и города Тиниана на одноименном острове. За время обстрела линкорами USS Tennessee и USS California по городу Тиниане было выпущено 480 356-мм и 800 127-мм снарядов. В январе 1945 г. тяжелое повреждение получил линкор «Нью-Мексико», которому камикадзе угодил в носовую надстройку. При этом 26 человек погибло, а 103 получили ранения. Другой самолет, прорвавшись через плотный зенитный огонь, врезался в район грот-мачты «Калифорнии», а кусок его фюзеляжа упал на палубу между мачтой и директором № 4. Одновременно линкор был осыпан осколками снаряда, выпущенного ближайшим эсминцем, чтобы сбить приближавшийся к нему самолет. Вообще попадания зенитных снарядов или их осколков в свои же корабли в условиях массированных атак и мощного огня по самолетам из всех калибров стало обычным явлением. Из числа экипажа корабля 45 человек погибли, 151 человек был ранен, но повреждения материальной части оказались поверхностными. После временного ремонта судовыми средствами линкор продолжил бомбардировку японских позиций.

После окончания войны линкоры были выведены в резерв, USS Tennessee — 8 декабря 1945 г., USS California — 7 августа 1946 г. В 1947 г. их законсервировали для длительного хранения. После 12 лет пребывания в резерве 1 марта 1959 г. эти корабли вывели из состава флота, а летом того же года продали на слом.

Последними американскими линкорами, заложенными в годы Первой мировой войны (1917–1920 гг.), были корабли типа «Колорадо» (USS Colorado, USS Maryland, USS West Virginia). При выработке технического задания на них Генеральный совет вернулся к идее увеличения главного калибра с 356 до 406 мм, впервые высказанной еще в 1913 г. Изменение калибра орудий было вызвано появлением японских кораблей типа «Нагато» (Nagato), на которых были установлены 410-мм орудия («40-см обр. 91»). 28 сентября 1915 г. совет постановил, что данное нововведение должно стать осно-



Линкор «Калифорния» в боях на Тихом океане, 1945 г.



Линкор «Нью-Мексико» после атаки камикадзе




Схема общего расположения линкора типа «Колорадо» на момент вступления в строй

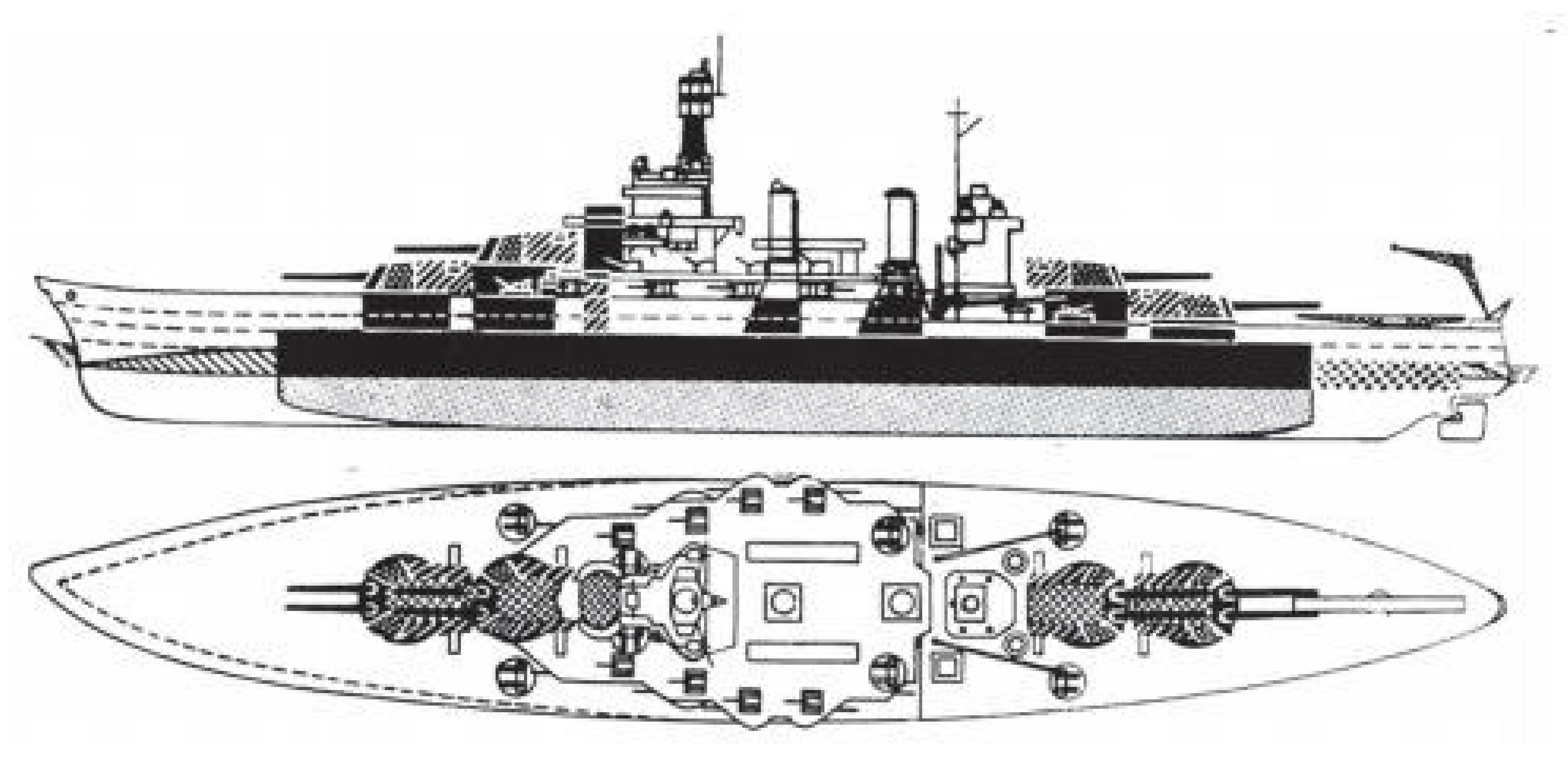
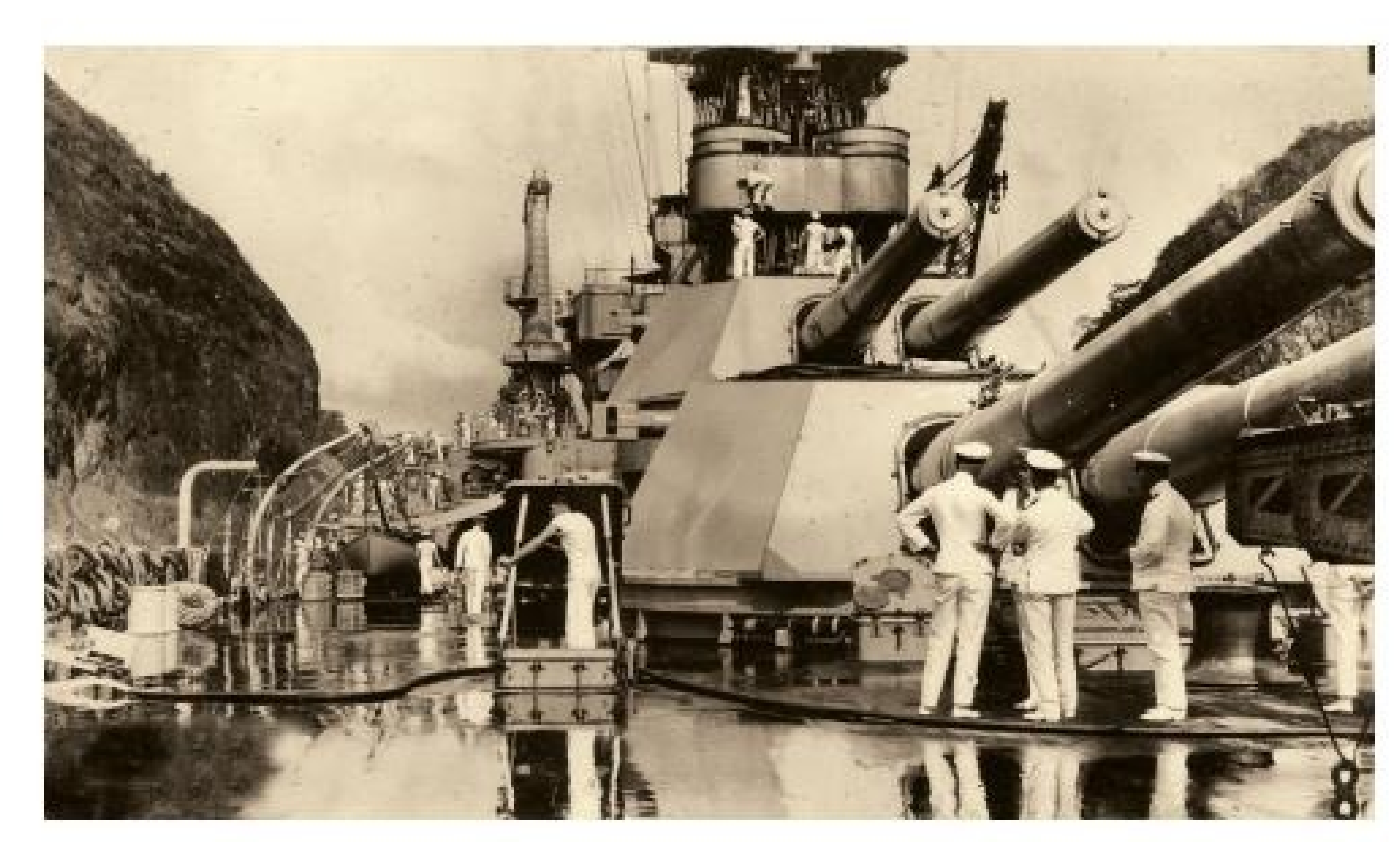
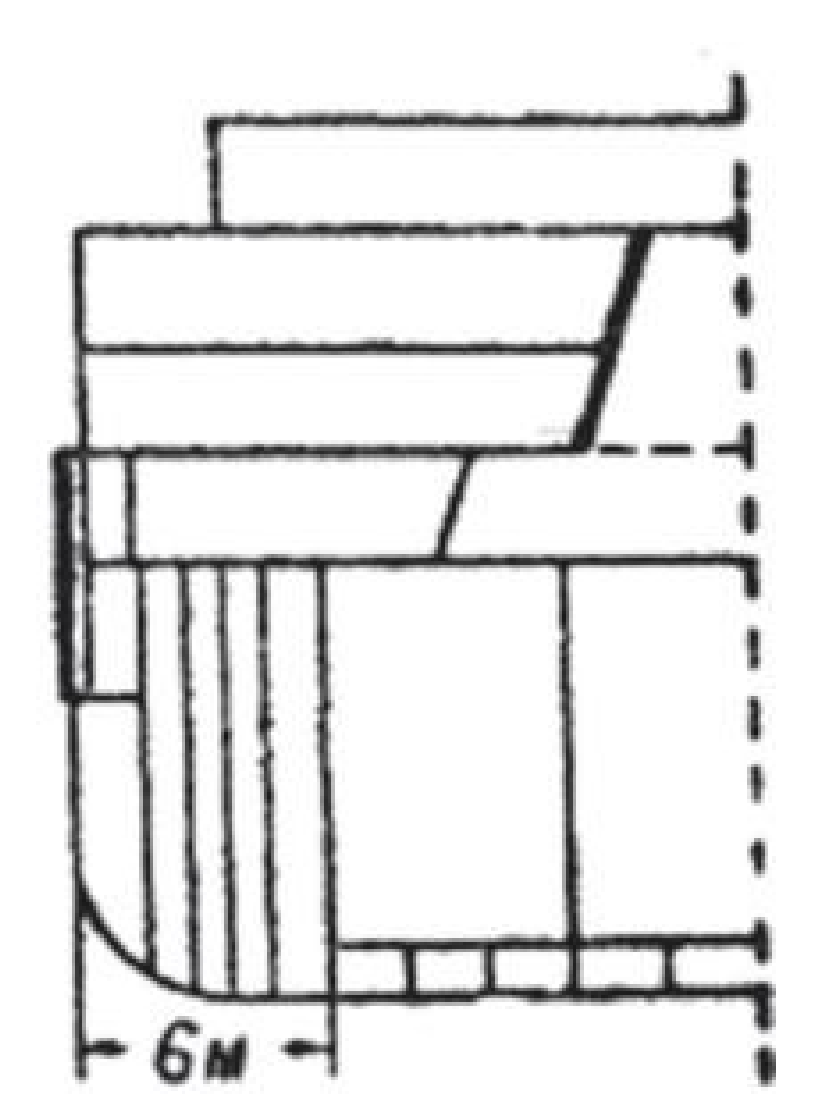


Схема бронирования и размещения артиллерии линкора «Вест Вирджиния»



Башни ГК линкора «Мэриленд»




Бортовая противоторпедная защита линкора типа «Колорадо»

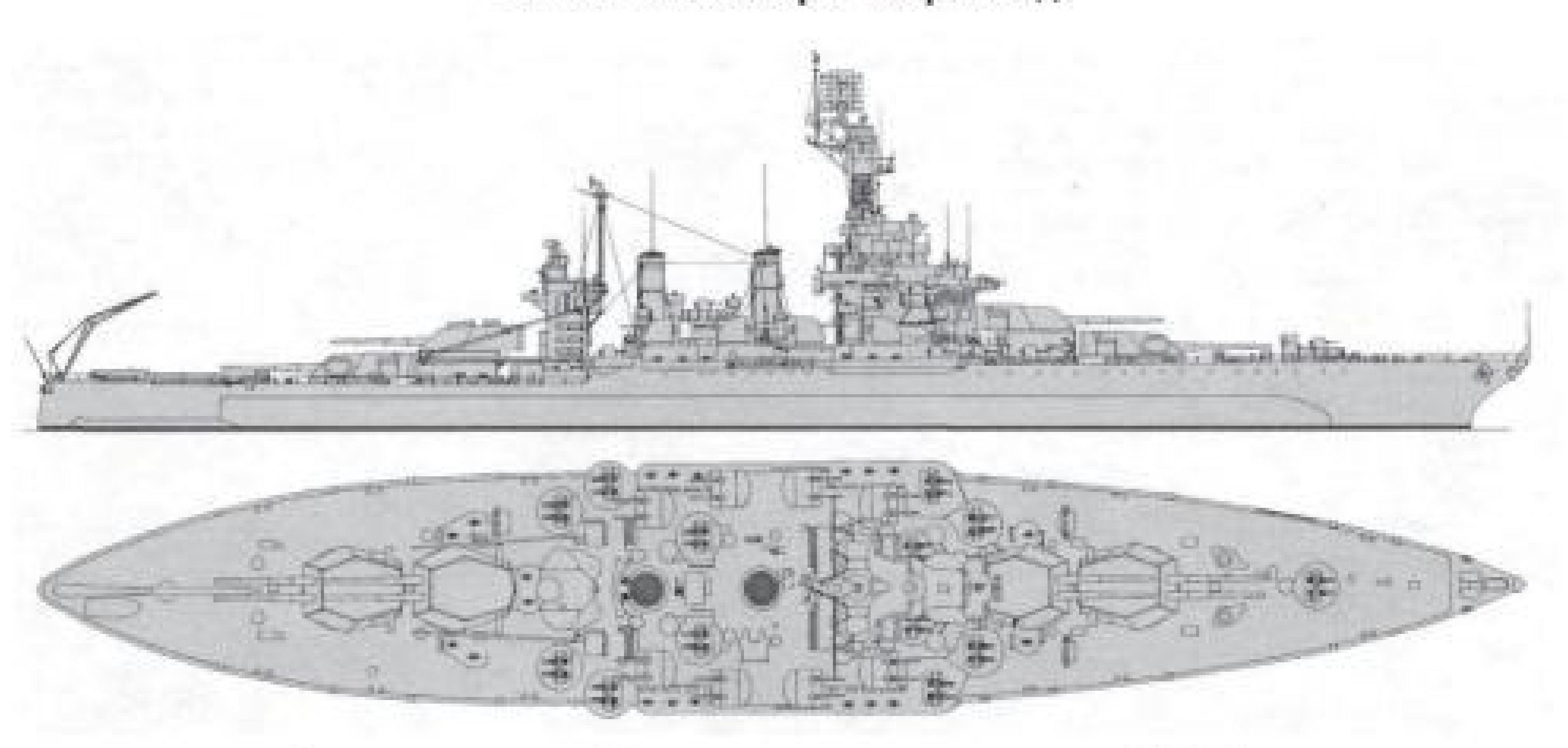


Схема линкора «Мериленд», после ремонта, 1945 г.

вой вооружения новых линкоров. Представители типа «Колорадо» были вооружены восемью орудиями главного калибра, расположенными в четырех двухорудийных линейно-возвышенных башнях — по две в носовой и кормовой оконечностях корабля (как на «Мичигане»). Башни конструктивно были почти идентичны трехорудийным на USS California, хотя визуально отличались наличием излома по крыше.

Новые 406-мм орудия с длиной ствола в 45 калибров при максимальном угле возвышения в 30° позволяли вести огонь на расстояние в 31 400 м (173 кб.) с темпом стрельбы в 1,5 выстрела в минуту. Скорость вылета бронебойного 1016-кг снаряда составляла 790 м/с. По сравнению с предыдущим типом была сокращена вспомогательная артиллерия, предназначавшаяся для защиты от вражеских эсминцев. Она насчитывала всего двенадцать 127-мм/51 орудий, которые были установлены вне бронированных казематов на главной палубе по шесть на борт. Таким образом, кроме изменения ГК, две кормовые 127-мм/51 пушки на крыше каземата были заменены четырьмя 76,2-мм зенитными орудиями (всего корабль оснащен восемью 76,2-мм установками ПВО).

По архитектуре, конструкции корпуса, внутреннему расположению и схеме бронирования они полностью повторяли предыдущую серию. Длина достигала 190,27 м, ширина — 29,67 м. В отношении бронирования изменения коснулись лишь увеличения толщины крыши боевой рубки до 203 мм. Однако у линкоров была введена оригинальная система противоторпедной защиты. Позади обшивки борта устанавливали пять 19-мм продольных переборок, из которых вторая, третья и четвертая — броневые.

Энергетическая установка кораблей типа «Колорадо» отличалась только в деталях от турбоэлектрической на типе «Теннесси». Два турбоагрегата приводили во вращение два 15000-кВт генератора двухфазного переменного тока. Ток напряжением 5000 В подавался на четыре электромотора мощностью по 5424 кВт, вращавших гребные валы. Пар для турбоагрегатов вырабатывали восемь котлов Babcock & Wilcox.



«Мариленд» в Перл-Харборе после налета, на переднем плане днище перевернувшегося линкора «Оклахома»



Линкор «Вест Вирджиния», севший на грунт в результате атаки японских самолетов

| Название | Судоверфь | Закладка | Спуск на воду | Ввод в строй | Судьба |
|---|---|---|---|---|---|
| Colorado (BB-45) | Нью-Йоркская верфь | 29 мая 1919 г. | 22 июня 1921 г. | 30 августа 1923 г. | выведен в резерв 7 января 1947 г., снят с вооружения 1 марта 1959 г., пущен на слом |
| Maryland (BB-46) | Newport News Shipbuilding | 24 апреля 1917 г. | 20 марта 1920 г. | 21 июля 1921 г. | выведен в резерв 3 апреля 1947 г., снят с вооружения 1 марта 1959 г., пущен на слом |
| West Virginia (BB-48) | Newport News Shipbuilding | 12 апреля 1920 г. | 12 ноября 1921 г. | 1 декабря 1923 г. | выведен в резерв 9 января 1947 г., снят с вооружения 15 сентября 1959 г. отправлен на слом |



**Командир «Вест Вирджинии» Мервей Беннион**

Программой 1915 г. было намечено построить десять таких линкоров, но из заложенных четырех корпусов кораблей типа «Колорадо» достроены и введены в состав ВМС США в 1921–1923 гг. были только три.

Водоизмещение 32 300 т, длина 190,27 м, ширина 29,7 м, осадка доходила до 12 м, скорость 21 узел, экипаж 1 084 человека. Вооружение: восемь 406-мм и двенадцать 127-мм орудий. Бронирование: пояс — 406–203 мм, барбеты — 343 мм, башни — 457–127 мм, палубы — 89–38 мм, боевая рубка — 406–381 мм.

Все три линейных корабля серии активно использовались во время Второй мировой войны. USS Maryland (BB-46) и USS West Virginia (BB-48) находились в гавани во время нападения на Перл-Харбор 7 декабря 1941 г. При появлении японских самолетов почти сразу зенитные батареи «Мэриленда» включились в общую канонаду. Пришвартованный к борту линкор «Оклахома» после попадания пяти торпед стал быстро заваливаться на левый борт, и с него на «Мэриленд» лавиной полезли сотни людей. Однако, в отличие от «Калифорнии», почти все офицеры корабля были на борту, они быстро взяли ситуацию под контроль и часть из «перебежчиков» тут же стала помогать прислуге зенитных установок.

«Оклахома» приняла на себя все торпеды, поэтому «Мариленд» сильно не пострадал.



**Атака камикадзе на линкор типа «Мэриленд»**

Одна бомба взорвалась на полубаке, вызвав пожар, вторая пробила левую скулу линкора, упала в воду и, взорвавшись, разрушила борт в районе одной из кладовых, мгновенно заполнившейся водой. Бойцы пожарного дивизиона быстро приступили к тушению сильного пожара на полубаке, но внезапно, бросив брандспойды, разбежались. Сказалась долго внушаемая на учениях боязнь отравляющих газов. Один из матросов уронил в люк работавший огнетушитель, после чего раздался истошный крик: «Газы!» И хотя длилось это безобразие всего несколько десятков секунд, их бы вполне могло хватить для катастрофы, будь пожар в другом, более опасном месте. Офицеры быстро навели порядок, и пожар был потушен. Так или иначе серьезных повреждений удалось избежать. На «Мэриленд» погибло всего два офицера и два матроса при 14 раненых, хотя японцы самоуверенно заявили, что этот корабль затонул и никогда не будет поднят с илистого дна гавани.

Линкор «Вест Вирджиния» в ходе атаки на Перл-Харбор 7 декабря 1941 г. получил попадания семи торпед и двух авиабомб, после чего лег на грунт на ровном киле, а его надстройки полыхали огнем, командовавший борьбой за живучесть офицер отдал приказ покинуть корабль. Командир линкора кэптин Мервей Ч. Беннион (Captain Mervyn Sharp Bennion; 1887–1941) прямо на мостике получил тяжелое ранение в живот осколком бомбы, взорвавшейся на соседнем «Теннеси», и вскоре скончался. Моряки стали бросаться за борт, пытаясь доплыть до острова Форд. Наиболее везучим удалось найти места в шлюпках или перебраться на «Теннесси», где они тут же стали помогать его зенитным расчетам. Но глубоко под палубами осевшего на грунт линкора оставались еще люди, отрезанные огнем и водой. Лишь умелые действия экипажа по контрзатоплению позволили не допустить его опрокидывания. Работа велась под градом летевших отовсюду осколков (рядом рванули погреба на «Аризоне»). Погибло 106 (из них два офицера) членов экипажа, 52 были ранены. Потери могли быть и больше — когда линкор был поднят, то была обнаружена неразорвавшаяся 800-кг авиабомба на его второй палубе.



Японские линкоры Fusō и Yamashiro в проливе Суригао



Американский «стандартный линкор» поддерживает высадку десанта



Высадка американских войск на Окинаву

Экипажу линкора «Коларадо» повезло — когда США вступили во Вторую мировую войну, корабль находился в Бремертоне на верфи Пьюджет Саунд. Только 31 марта 1942 г. на линкоре завершили капитальный ремонт, который начался в июне 1941 г. 1 августа 1942 г. вышел в «Перл-Харбор», куда прибыл 14 августа. Там «Колорадо» приступил к боевому патрулированию. Затем, с 8 ноября 1942 г. по 7 сентября 1943 г., линкор действовал в районе островов Фиджи и Новые Гебриды.

Легко поврежденный в Перл-Харборе линкор USS Maryland в ходе ремонта на военно-морской верфи Пьюджет-Саунд с декабря 1941 г. по февраль 1942 г. получил 16×1 20-мм орудий Oerlikon и РЛС SC. В первой половине 1942 г. решетчатую грот-мачту срезали по высоте до уровня дымовых труб и расположили на ней площадку с зенитными автоматическими пушками. К февралю 1943 г. на линкоре установили еще 2×4 28-мм автомата (всего их стало шесть), а количество «эрликонов» увеличили до 48 штук.

Линкор USS West Virginia, фактически потопленный в Перл-Харборе, с лета 1942 г. по сентябрь 1944 г. был на верфи ВМС в Пьюджет-Саунд. В ходе восстановительного ремонта провели переоборудование по типу USS Tennessee. Башни главного калибра оборудовали дистанционным силовым приводом, заменили систему управления огнем ГК. Новая универсальная батарея состояла из восьми спаренных 127-мм/38 установок с четырьмя КДП управления огнем. Легкая зенитная артиллерия состояла из 10×4 40-мм установок Bofors и более 40×1 20-мм Oerlikon.

Старые линкоры в 1942 г. активно в боях не участвовали. Их ремонтировали, перегруппировывали. Потому эти корабли избежали основных морских сражений на Тихом океане – битвы в Коралловом море, сражения при Мидуэе и кампании на Гуадалканале. Зато в дальнейшем они принимали самое активное участие практически во всех операциях американского флота. Особенно успешно поддерживали высадку десантов на занятые японцами острова. Иногда несли потери.

Например, 22 июня 1944 г. японский бомбардировщик Mitsubishi G4M3 обнаружил USS Maryland и сбросил торпеду. Из-за огромной пробоины в носу корабля путь до ближайшей верфи в Перл-Харбор линкор проделал задним ходом в сопровождении двух эсминцев. В ходе атаки торпедоносца погибло два члена экипажа. 10 июля 1944 г. на морской верфи приступили к заделке пробоины. Благодаря круглосуточной работе корабелов линкор был восстановлен за 34 дня. Уже 13 августа 1944 г. «Мэриленд» присоединился к большой корабельной группе у Соломоновых островов. 20 ноября 1944 г. «Колорадо» прибыл в залив Лейте. Утром 27 ноября два самолета «камикадзе» атаковали линкор, нанеся ему значительный урон, погибло 19 членов команды, еще 72 были ранены. 29 ноября, во время очередной самоубийственной атаки камикадзе, был поврежден USS Maryland. Самолет упал между 1-й и 2-й башнями главного калибра и пробил палубу, причинив серьезный урон и вызвав пожар. Силой взрыва полубак разворотило, как картонный, не выдержала даже 89-мм сталь броневой палубы. Все и вся вокруг места падения камикадзе оказалось уничтоженным: переборки разорвало, замки с дверей и люков вырвало «с мясом». Во время этой атаки погиб 31 человек, еще 30 было ранено и уничтожен лазарет корабля. Во время очередного налета 9 января 1945 г. в носовую надстройку линкора «Колорадо» попал снаряд, который вывел из строя людей на ходовом мостике

и постах управления зенитным огнем. Между облитых кровью обломков того, что секунду назад было приборами управления, насчитали 18 трупов, а 51 человек был ранен. Позже установили, что это был 127-мм «подарок» с одного из своих же кораблей.

Однако настоящим «звездным часом» американских «стариков» стал бой в проливе Суригао. 24 октября 1944 г. линкоры «Вест Виргиния», «Мэриленд», «Миссисипи», «Теннеси», «Калифорния» и «Пенсильвания» совместно с несколькими крейсерами, эсминцами и канонерскими лодками выдвинулись к южной оконечности залива Лейте для защиты пролива Суригао. Рано утром 25 октября японские линейные корабли «Фусо» (Fusō) и «Ямасиро» (Yamashiro) со своим сопровождением вошли в пролив. В этом сражении американцы не использовали авиацию, это была своего рода лебединая песня артиллерийских кораблей и подарок флотскому командованию.

В 2:00 начались атаки американских эсминцев, они выпустили 27 торпед и в 2:07 несколько раз попали в «Фусо». Линкор загорелся, разломился надвое и затонул. В 02:55 утра находящиеся в засаде американские линкоры открыли огонь. «Вест Виргиния» дала с дистанции около 21 км залп 16-дюймовыми орудиями главного калибра, который сразу попал в «Ямасиро». Вскоре 14-дм «Калифорнии» и «Теннесси» присоединились к канонаде. Несовершенство японской электроники не позволило вести огонь в ответ. Американцы выпустили по «Ямасиро» 225 снарядов калибров 356 и 406 мм. При этом вошел в историю «Миссисипи», хотя за весь бой ему довелось произвести один-единственный залп уже на исходе огневого контакта с противником. Этому залпу суждено было стать последним бортовым залпом линкора по линкору противника в истории человечества. В 03:00 «Ямасиро» повернул на запад, но вскоре получил два торпедных попадания в район машинного отделения, возник сильный крен, и корабль затонул в 03:19. Оставшиеся японские корабли попытались отступить в море Минданао (англ. Mindanao Sea), где были атакованы американской авиацией.

Последнем крупным «амфибийным» соединением времен Второй мировой войны, собравшим все «старые линкоры», стал флот вторжения на Окинаву, операция «Айсберг». За Окинаву плечом к плечу сражались армейцы и морские пехотинцы, которых постоянно поддерживала артиллерия линкоров. При этом корабли все время находились под угрозой атак камикадзе. Десять линкоров составили TF-54 контр-адмирала М. Дейо (Morton Lyndholm Deyo; 1887–1973). Соединение делилось на пять отрядов по два корабля в каждом: 1-й — «Техас» и «Мэриленд», 2-й — «Арканзас» и «Колорадо», 3-й — «Теннесси» и «Невада», 4-й — «Айдахо» и «Вест Вирджиния», 5-й — «Нью Мехико» и «Нью-Йорк».

Соединение вступило в бой 26 марта 1945 г. и немедленно понесло потери. 27 марта средней степени повреждения получила «Невада», 1 апреля — «Вест Вирджиния», 5 апреля — снова «Невада» («поймала» пять снарядов с японской береговой батареи). По-настоящему серьезно был поврежден 7 апреля «Мэриленд» — прямое попадание крупной авиабомбы в борт башни ГК «С». Линкор ушел в Пуге-Саунд на ремонт, больше он в строй не вернулся. «Теннесси» и «Айдахо» 12 апреля получили повреждения средней тяжести, а «Нью-Йорк» — двумя днями позже.

Для «стариков» в той войне нашлась еще одна работа. В Токийский залив для принятия капитуляции Японии вошли линкоры «Нью Мехико», «Миссисипи», «Айдахо», «Колорадо» и «Вест Вирджиния». Вскоре после окончания войны, в 1947 г. все линкоры типа «Колорадо» были выведены в резерв в рамках программы по сокращению флота. В резерве линкоры простояли полтора десятилетия, вплоть до окончательного снятия с вооружения в 1959 г. как представителей устаревшего класса кораблей.



Линкор «Колорадо» (США, 1923 г.)

# БОЙ С ТЕНЬЮ

Часть 7

## СУ-34 ПРОТИВ F-15E



*(Окончание. Начало см. в №№ 2, 3, 4, 6, 10, 12 2020 г. «Науки и Техники»)*

Радиоэлектронное оборудование современных боевых самолетов — это то, о чем разнообразные эксперты спорят столь же рьяно, сколь и бездоказательно. Политику в отношении информации в этой области уже давно поменяла не только Россия, но и цитадель гласности Америка, и в этом отношении они теперь напоминают СССР, скрывая истинное положение дел за громкими лозунгами. И это правильно.

Сейчас спутники тщательно отслеживают каждый испытательный пуск, и нет смысла утаивать дальность и точность ракет — вероятный противник все равно узнает. Но он никогда не сможет определить, с какой дальности тот или иной чужой самолет обнаруживает и берет на автосопровождение тот или иной вид целей. Конечно, где-нибудь над нейтральными водами и даже над Сирией можно «поиграть в подсадную утку» и попытаться засечь, с какой дальности сработает СПО — станция предупреждения об облучении. Но это требует наличия третьего самолета, который будет отслеживать вражеский облучающий и свой облучаемый. С учетом скоростей взаимного перемещения это очень непросто даже с точки зрения синхронизации времени, и к тому же СПО обычно «пищит» раньше, чем получающая ослабленный отраженный сигнал радиолокационная станция (РЛС) противника действительно твой самолет увидит, иначе такому СПО грош цена.

Но мы все же попробуем сравнить и эту составляющую боевого потенциала Су-34 и F-15E. И сначала поговорим об их сходстве.

### МНЕ СВЕРХУ ВИДНО ВСЕ…

Оба противника имеют цифровую систему управления вооружением с централизованной структурой и открытой архитектурой, протоколы обмена данных в которой почти одинаковы. Можно предположить, что и быстродействие процессоров и скорость передачи информации у них тоже примерно равны.

На обоих самолетах установлены работающие в режимах «воздух — воздух» и «воздух — поверхность» РЛС, а также оптические системы обзора и поиска наземных и морских целей с телевизионной и тепловизионной станциями, а также лазерные целеуказатели, связанные с бортовыми навигационными системами — инерциальной и спутниковой.

Самые свежие относительно подробные данные по локаторам Су-34 и F-15E можно признать устаревшими. Для американского самолета раскрыты лишь некоторые характеристики станции AN/APG-70, которой он комплектовался в самом первом своем варианте до начала 2000-х гг., данные радиолокационного комплекса 141-Ш самолета Су-34 были опубликованы более подробные, но тоже давние — на МАКС-2003 и для предполагаемого экспортного варианта.

**Автор — Сергей Мороз**



Российский многоцелевой боевой самолет-бомбардировщик Су-34 — одна из главных сил в новой холодной войне.
Фото: А. Бельтюков

Исходя из этих сведений, российская станция превосходит американскую в 1,3 раза по углам обзора и в 1,6 — по дальности обнаружения большой воздушной цели типа «бомбардировщик без технологий стелс». При этом наземные цели в 1,6 раза дальше «видит» американский самолет. Как мы уже говорили, он имеет полуторное преимущество и в числе одновременно обстреливаемых воздушных целей, но российский может применять залпом и ракеты с активной радиолокационной ГСН по четырем раздельным морским целям или одновременно атаковать до четырех самолетов и судов с пуском ракет разных типов — Р-77 «воздух — воздух» и Х-31А, Х-35 или Х-59МК по кораблям.

Оба локатора обеспечивают картографирование, но российская станция еще и выполняет огибание рельефа местности в полете на малой высоте, для чего F-15E необходим подвесной контейнер, и используется как дополнительное средство «тихой» радиоразведки, а локатор Су-34 – также и для постановки активных радиоэлектронных помех.

В настоящее время на F-15E уже есть новые радары AN/APG-82(V)1, очевидно, они имеют более высокие характеристики, однако конкретные показатели ее не раскрываются. Модернизация электроники Су-34 тоже особо «не афишируется», но стоит предположить, что за 17 лет и она изменилась.

При поступлении на вооружение F-15E комплектовался подвесной системой LANTIRN (Low Altitude Navigation and Targeting Infrared for Night — «маловысотная навигация и инфракрасное целеуказание

## Сравнение тактико-технических данных РЛС самолетов Су-34 и F-15E

| Показатель | Су-34 на 2003 г. | F-15E до 2000 г. | Отношение показателя Су-34 к F-15 |
|---|---|---|---|
| Тип станции | 141-Ш | AN/APG-70 | |
| Зона обзора и сопровождения целей по азимуту и по углу места, ±° | 60 | 45 | Больше в 1,3 раза |
| ***Дальность обнаружения, км*** | | | |
| ✓ крупной наземной цели – сооружения (мост, ЭПР 1000 м$^2$) | 100 | 160 | Меньше в 1,6 раза |
| ✓ бомбардировщик без средств снижения заметности, транспортный самолет | 250 | 160 | Больше в 1,6 раза |
| ***Число одновременно сопровождаемых целей («на проходе»)*** | | | |
| ✓ воздушных | 10 | 10 | Равно |
| ✓ морских | 4 | 1 | Больше в 4 раза |
| ***Число одновременно обстреливаемых УР целей («на проходе»)*** | | | |
| ✓ воздушных | 4 | 6 | Меньше в 1,5 раза |
| ✓ наземных | 1 | 1 | Равно |
| ***Дополнительные режимы работы*** | | | |
| Возможность одновременного обстрела воздушных и наземных (морских) целей УР с АРГСН | да | нет | |
| Огибание рельефа местности | да | нет | |
| Разведка и картографирование | да | да | |
| Создание активных радиолокационных помех | да | нет | |

*Примечание: обычно самолет F-15E несет не более 4 ракет AIM-120 и соответственно число одновременно наводимых УР такое же, как у Су-34.*



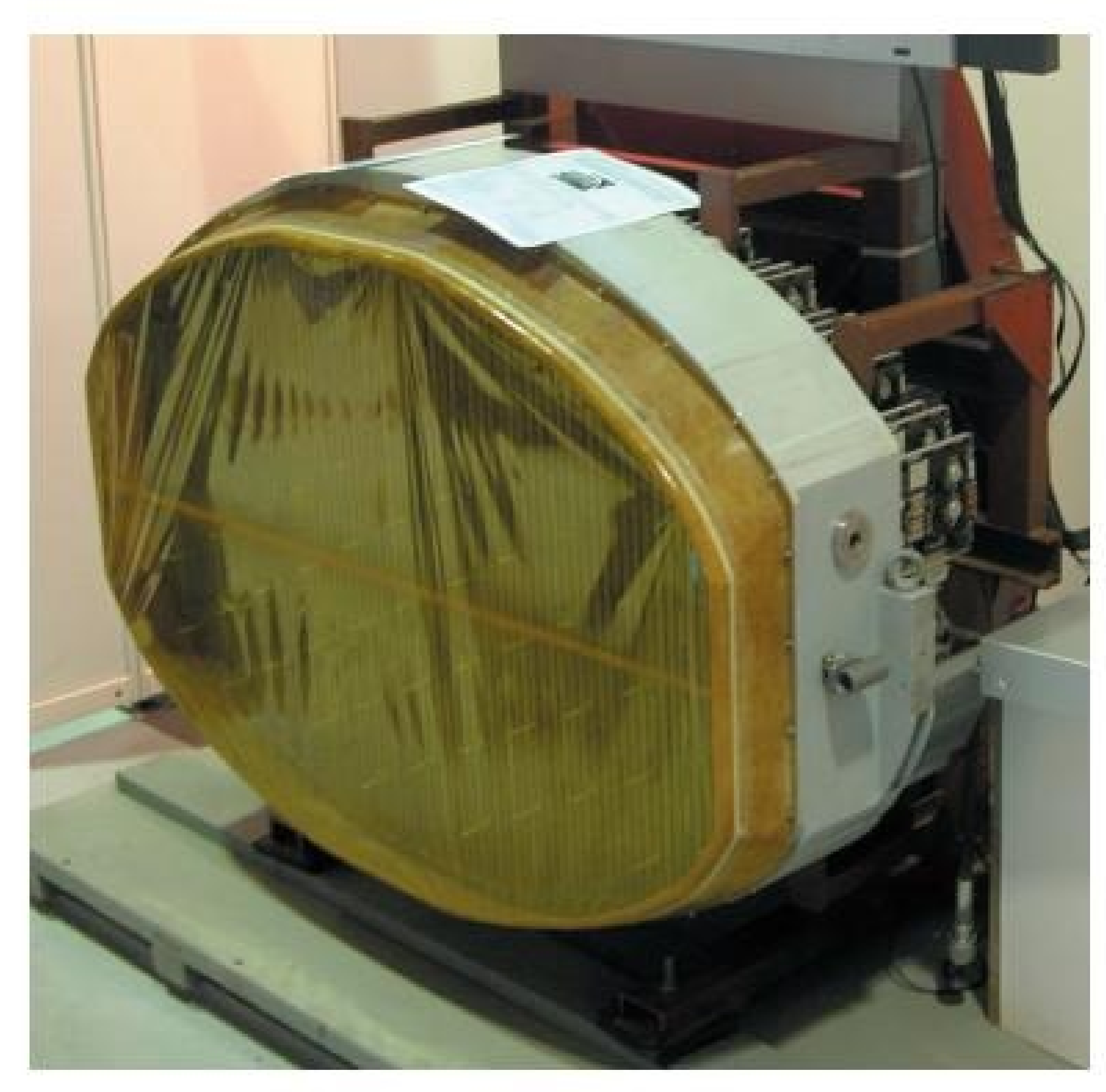
**Доработанный строевой самолет Боинг F-15E с новым радаром AN/APG-82(V)1 — под конформными баками замки для УР «воздух — воздух» AIM-120, которые со старой РЛС AN/APG-70 с этих точек не запускались.** *eglin.af.mil*

для ночных полетов»), состоящей из двух контейнеров. В первом, AN/AAQ-13, смонтированы тепловизор переднего обзора с широким полем зрения и радар следования рельефу местности; второй, AN/AAQ-14, объединяет прицельный тепловизор высокого разрешения и лазерный дальномер-целеуказатель (ЛДЦ), который может наводить ракеты и бомбы соответствующих типов в узком секторе по курсу самолета. Это предполагает атаку цели только со снижением и заставляет экипаж начинать ее с такой высоты, где он виден на локаторах войсковой ПВО противника, и вести самолет по такой траектории, на которой угловое смещение относительно цели длительное время невелико, что облегчает ведение ответного огня.

В исходный комплект оборудования F-15E входила станция Pave Tack, обеспечивавшая автоматическое сопровождение цели лазером для наведения оружия с ЛГСН (лазерной головкой самонаведения) в широком секторе, в том числе сзади за самолетом с бреющего полета и в стороне от его направления. Но она была большая и тяжелая, и автору не удалось найти ни одного снимка или видео F-15E с ней в строевой эскадрилье ВВС США — только на испытаниях и на выставках.




**Самолет F-15E с УАБ с лазерным самонаведением GBU-24 и контейнерами пилотажно-прицельной системы LANTIRN — AN/AAQ-13 под правым воздухозаборником и AN/AAQ-14 под левым.** *operatorchan.org*



**Антенный блок радиолокационного комплекса 141Ш самолета Су-34 с неподвижной фазированной решеткой, сделанной по сечению фюзеляжа самолета.** *Фото: С.М. Ганин*



**Выдвинутый блок объективов оптоэлектронной обзорно-прицельной станции «Платан» на самолете Т10В-7 — одном из опытных образцов будущего Су-34 topwar.ru.** *topwar.ru*

**Загруженный разнотипными управляемыми бомбами F-15E над Афганистаном — 2008 г. Под левым воздухозаборником обзорно-прицельный контейнер AN/AAQ-33 «Снайпер»**



С начала 2000-х гг. появилась возможность вместо AN/AAQ-14 брать новый контейнер AN/AAQ-33 «Снайпер» с улучшенными тепловизором и ЛДЦ, а также с телекамерой — такого канала F-15E раньше вообще не имел. А с 2008 г. обеспечено применение и подвесной станции AN/AAQ-28(V) LITENING, которая имела те же функции, но отличалась установкой двух ЛДЦ для разных задач. В сравнении с AN/AAQ-33 это «старый» образец оборудования, менее эффективный, но возможность использования обоих облегчает снабжение и поддержание высокой боеготовности передовых частей авиации.

Сам пилотажный контейнер AN/AAQ-13 остался без замены, а лишь получил новую «начинку» уже III поколения и улучшенное программное обеспечение. Необходимость подвески его для полетов на малых высотах из-за отсутствия такой функции во встроенной бортовой РЛС AN/APG-82 — существенный недостаток F-15E, ведь это основной режим применения самолета.

Хотя постепенно удалось снизить массу прицельных контейнеров и улучшить их обтекаемость, они остаются весьма значительны. Две станции AN/AAQ-13 и AN/AAQ-33 в сумме весят 407 кг, а их сопротивление примерно равно двум бомбам калибра 1 000 фунтов. Российский Су-34 отличает объем планера и его встроенная электронно-оптическая обзорно-прицельная система, которая даже при выдвинутом блоке объективов сопротивления почти не добавляет. Ее состав такой же, как на F-15E в последнем варианте, поле зрения по курсу тоже, но по азимуту, очевидно, в сравнении с AN/AAQ-28(V) или AN/AAQ-33 значительно меньше и не позволяет наводить вооружение с лазерной ГСН на цели сбоку от самолета.

## СВЯЗЬ, РАЗВЕДКА И РЭБ

Американский самолет F-15E имеет цифровой комплекс связи Seek Talk с ненаправленными антеннами на базе центральной вычислительной машины (ЦВМ) Кирфорт KIR-1A/TSEC, обеспечивающий помехозащищенную передачу и прием данных в УКВ-канале с расширенным спектром. Комплекс включает приемопередатчик Магнавокс AN/ARC-164 и связной приемник AN/ARC-186, а также аппаратуру телекодовой связи AN/URC-107(v) JTIDS, которая с 2018 г. заменяется новой AN/URC-107(v) JTIDS. Важным дополнением стала станция MIDS Fighter Data Link Terminal, обеспечивающая автоматизированный обмен тактической информацией между самолетами, наземными войсками, кораблями и командными пунктами в сети Link 16 в пределах всего театра военных действий. Засекречивание связи обеспечивает аппаратура KY-58 с повышенной стойкостью к «взлому» на базе ЦВМ KIT-1A/TSEC.

Состав связного оборудования серийного самолета Су-34 не раскрыт, известно лишь, что оно по сравнению с опытными образцами Т-10В, список станций которого обычно приводится в популярных источниках, полностью поменялось. Но можно вполне предположить, что оно имеет подобные функции и сравнимые характеристики дальности связи, помехозащищенности и скрытности.

С внедрением беспилотных самолетов-разведчиков командование ВВС США стало на пилотируемых самолетах такого назначения экономить, и возможности «Страйк Игла» в этом сравнительно скромны. Он может вести картографирование с использованием бортового радара, способного обнаружить цель типа «танк», и инфракрасную съемку камерами в подвесных контейнерах всех типов с разным полем зрения и разрешением, а станции AN/AAQ-28(V) и AN/AAQ-33 обеспечивают еще и телевизионное изображение с искусственным улучшением качества для работы в сумерках, в дождь, снег и туман. Некоторые функции радиотехнической разведки могут



**Под левым воздухозаборником F-15E обзорно-пилотажный контейнер AN/AAQ-13 с оборудованием III поколения, а под правым — новая оптоэлектронная прицельная станция AN/AAQ-28(V) LITENING.**
*defpost.com*



**Каждый фронтовой бомбардировщик Су-34, помимо встроенного оборудования РЭБ, комплектуется двумя съемными станциями индивидуальной активной радиоэлектронной защиты.** *russianplanes.net*

выполнять средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) самолета.

Российские «тридцатьчетверки» также используют для радиоэлектронной разведки датчики бортового комплекса обороны (БКО), и прежде всего станцию «Проран» системы радиоэлектронного подавления Л256 «Хибины-М», но ее эффективно дополняет режим пассивной радиоразведки локатора 141-Ш, который имеет свои преимущества за счет размеров и характеристик антенны. А для работы на тех частотах, которые не используются средствами ПВО противника — это тактическая связь, работа радионавигационных систем и т. д., — создан контейнер УКР-РТ.

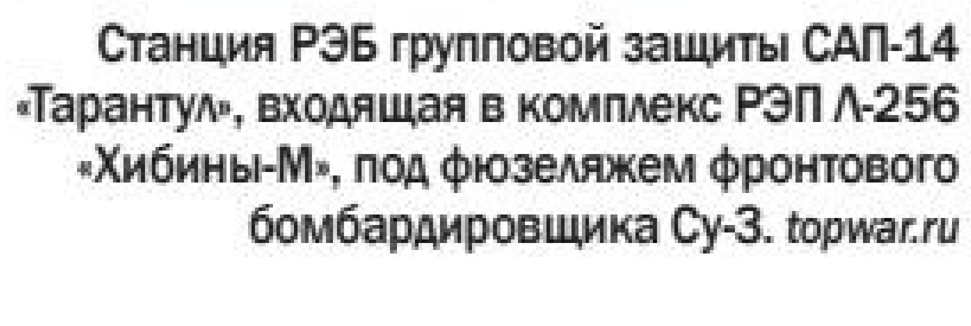
Локатор 141-Ш может автоматически распознавать обнаруженные подвижные наземные цели типа «танк, БМП» на дальности 75 км, а «грузовой автомобиль» — 30 км, если их скорость свыше 30 км/ч.

Сообщалось также о разработке для Су-34 подвесной РЛС бокового обзора, которая дает четкое трехмерное изображение не только местности на расстоянии до радиогоризонта, но и отдельных зданий и техники на ней. Такое оборудование может с лихвой устранить главный недостаток оптико-электронной прицельной системы (ОЭПС) «Платан» самолета Су-34 с точки зрения использования ее для разведки — она дает примерно такое же качество изображения, как американская станция AN/AAQ-33, но имеет значительно меньшее поле обзора по азимуту.

Строя свою стратегию вокруг первого внезапного удара, значительное внимание Пентагон традиционно уделяет радиоэлектронному подавлению средств ПВО противника, видя в этом единственную возможность такой удар прикрыть. Основной американский тактический бомбардировщик F-15E несет бортовой комплекс обороны TEWS (Tactical Electronic Warfare System). Он включает всеракурсную станцию предупреждения о радиолокационном облучении Лорал AN/ALR-56C, пассивный радар защиты задней полусферы Магнавокс AN/ALQ-128, систему выброса дипольных отражателей и тепловых ловушек AN/ALE-45 (10 кассет в фюзеляже и подвесной контейнер), встроенную станцию активных радиолокационных помех Нортроп AN/ALQ-135(V), а также систему постановки активных инфракрасных помех ALQ-135(V), дополняющую уводящее воздействие ловушек на головки «тепловых» ракет.

Недостаток этого комплекса — направленность излучающих антенн только в заднюю и частично в верхнюю полусферы. Глушить локаторы ЗРК, которые облучают самолет спереди-снизу (а это типовая ситуация при атаке прикрытой ими наземной цели), встроенные станции РЭБ





**Станция РЭБ групповой защиты САП-14 «Тарантул», входящая в комплекс РЭП Л-256 «Хибины-М», под фюзеляжем фронтового бомбардировщика Су-3.** *topwar.ru*

**Помеховые передатчики самолета F-15E расположены в килях и стекателях хвостовой части фюзеляжа, а тепловые ловушки — под ним в 10 встроенных и одном внешнем контейнерах.** *flying-tigers.co.uk*





**Одноместные истребители F-15C и F-16 могут эффективно использоваться для прикрытия F-15E, но составлять из них разнородные ударные группы оказалось затруднительно.**

самолета F-15E эффективно не могут. Для этого должен использоваться подвесной контейнер AN/ALQ-131 под центральным пилоном фюзеляжа, но, в отличие от одноместных F-16 и F-15C, на «Страйк Иглах» он почти не применяется.

Со средствами радиоэлектронной борьбы самолета Су-34 читателей подробно познакомил НиТ № 2 в 2018 г., здесь же мы лишь напомним, что, в отличие от F-15E, российский самолет имеет возможности не только индивидуальной, но и групповой защиты. По эффективности РЭБ «Страйк Игл» в американской авиации лидером не является, тогда как у «летающей тридцатьчетверки» они на уровне наиболее мощного современного тактического самолета НАТО, специально для этого предназначенного, — Боинг EF-18G «Гроулер».

Вопрос соотношения действительных возможностей РЛС, эффективных поверхностей рассеивания (ЭПР) и средств РЭБ противников сложный, поскольку остаются неизвестными многие ключевые показатели, а то, что есть, — лишь гипотезы экспертов. Но и из сообщенного определенные выводы сделать можно.

Заявление представителей фирмы «Сухой» о том, что ЭПР их Су-34 при облучении радаром вражеского истребителя из верхней полусферы такая же, как у крылатой ракеты, возможно, и преувеличение, но по понятным причинам графики и подробные числовые данные они не приводят, нет их и в отношении F-15E. Наиболее правдоподобно звучит предположение, что у российского самолета этот показатель действительно существенно меньше, чем у американского, в верхней и задней полусфере, при облучении спереди по ЭПР они примерно равны, но F-15E «светится» меньше снизу. Здесь важно и число единиц подвешенного вооружения — у Су-34 оно обычно больше, но «Страйк Иглу» отраженный сигнал добавляют еще и два контейнера пилотажно-прицельных систем, которые он берет почти всегда. Разработка малозаметного F-15SE «Сайлент Игл» прекращена в пользу F-15EX с более мощным подвесным вооружением, которое ЭПР увеличивает.

Российский ответ на эту модернизацию «Страйк Игла» только готовится — поставки самолетов Су-34М с комплексом доработок по итогам опытно-конструкторских работ под шифром «Сыч» еще не начались, но и новый американский самолет F-15EX пока только готовится к поставкам. И тот, и другой — это машины будущего и поговорить о них подробнее стоит, лишь когда начнется их служба и появятся объективные оценки боевых возможностей. А пока рассмотрим последний вопрос возможного противостояния двух героев нашей статьи.

Хотя, как говорил Суворов, воюют не числом, а умением, но и вопрос количества тех или иных образцов вооружения в противостоящих друг другу армиях имеет значение.

## ФАКТОР ЧИСЛА

Важнейшим преимуществом американского самолета МакДоннелл-Дуглас (Боинг) F-15E «Страйк Игл» является большой парк выпущенных машин. На заводе фирмы «МакДоннелл-Дуглас» в Сент-Луисе, который 1 августа 1997 г. перешел в собственность «Боинга», согласно опубликованной таблице номеров (серийных, заказа и регистрационных ВВС США), было построено 236 самолетов F-15E, из которых на апрель 2019 г. в строю оставалось 219. Кроме того, по типу «Страйк Игла» на экспорт было сделано двадцать шесть F-15I для Израиля, семьдесят два F-15S для Саудовской Аравии, еще шестьдесят один F-15K поставлен Южной Корее, сорок F-15SG — Сингапуру, и начато выполнение контракта на поставку 36 новейших F-15QA Катару — головной самолет этого заказа облетан 14 апреля 2020 г. В чем-то по комплектации они прототипу уступают, но в некоторых других областях лучше при сходных летных данных.

Хотя ни одна из этих стран не входит в НАТО, Америка со времен Корейской



**Новейшая модификация «Страйк Игла» самолет Боинг F-15EX готовится поступить на вооружение ВВС США. Модернизированный тактический истребитель «Страйк Игл» с подвеской 16 ракет «воздух — воздух» — он несет восемь AIM-120 и столько же AIM-9X.**
*aviationtoday.com*



**Самолетов Су-34 в российской авиации пока все еще меньше, чем F-15E и их экспортных вариантов, но с учетом качественного превосходства «тридцатьчетверки» отставание не так уж критично.** *picsfab.com*

войны 1950 … 1953 гг. показала свое умение сколачивать международные коалиции, в т. ч. и под прикрытием ООН, не потеряла она эту свою способность и сейчас. Так что российскому командованию следует вести расчет не только на чисто американскую группировку F-15E, но и на все остальные эти силы, которые в общем итоге составляют с учетом имевшей место убыли свыше 400 боеспособных бортов.

На 2020 г. самолетов Су-34 было выпущено лишь 129, включая семь опытных. Из переданных в строевые части 122 машин четыре потеряны безвозвратно в авариях, один восстановлен, но передан гражданской организации — СиБНИА им. Чаплыгина, итого в строю остаются 116 «тридцатьчетверок». Поставки и Су-34 для российских ВВС, и F-15EX для ВВС американских, а также F-15QA в Катар продолжаются, причем заказы на новые «Страйк Иглы» больше, темпы их выполнения по-прежнему выше.

Как мы говорили в I части статьи, F-15E и Су-34 — это наиболее мощные тактические ударные самолеты России и Америки, которые вновь стали противниками во «второй холодной войне». Их возможности как истребителей сопровождения и завоевания господства в воздухе в удаленных от баз районах сравнимы с самолетами V поколения, которые имеют преимущества в первом внезапном ударе за счет большей крейсерской скорости и меньшей заметности, а в воздушном бою — в маневренности, но уступают по вооружению. Лучшие дальние перехватчики — это МиГ-31 и Су-57, но здесь Су-34 и F-15E превосходят F-35 и даже отчасти F-22A. Однако в случае большой войны боевые действия им придется вести не в одиночку.

Несмотря на непрерывный рост уровня автоматизации боевых авиационных комплексов остается множество задач, для решения которых тактическому самолету необходим штурман — оператор вооружения. В авиации союзников США он есть в составе экипажей самолетов «Торнадо» в ударных вариантах и «Мираж» 2000N, а также в учебно-боевых модификациях одноместных истребителей F-16, F-18, «Мираж» 2000, «Рафаль», «Тайфун» II и «Гриппен». Но составить из них и F-15E разнородную группировку и поддерживать ее работу длительное время будет непросто. Как показали все операции последних двух десятилетий, они уступают «Страйк Иглу» в эффективности и вместо сочетания достоинств дают такой «сборной команде» лишь дополнительные недостатки.

Во фронтовой авиации России остается значительное число бомбардировщиков Су-24М и даже Су-24 «без буквы». Это самолеты III поколения, на одну «ступеньку» ниже европейского «Торнадо» и на полторы отстающие от F-15E, представителя поколения IV+. В то же время Россия имеет более 130 новых самолетов Су-30М/СМ, имеющих несколько менее мощное вооружение, чем «тридцатьчетверки», но лучшие скоростные и маневренные качества при сравнимом радиусе действия. Из них удобно составлять разнородные группировки с точки зрения и тактико-технических данных, и их снабжения, и их могут усилить еще и девяносто Су-35. Последние хотя и одноместные, но их ударные возможности несравнимо выше американских одноместных F-15C.

В отличие от США, оснащенность вооруженных сил и военной авиации партнеров России по военным договорам вроде ОДКБ существенно хуже, а численность меньше даже с учетом Китая, но главное — ни на одного из них нельзя положиться. В этом и слабость России, и ее преимущество — если вспомнить, что под Сталинградом советские войска прорвали фронт на участках, занимаемых не немецкими частями, а их эрзац-союзниками румынами и итальянцами.

Все боевые операции, которые проводят многонациональные группировки под эгидой США со времен «Бури в Пустыне» наглядно показывают, что эффективность их союзников и по НАТО, и по другим военным пактам, и внеблоковых заметно ниже, чем собственно ВС США. «Резко сдали» даже показавшие великолепные результаты в войнах 1967, 1973 и отчасти 1982 гг. ВВС Израиля — они давно уже не те, что были раньше. А значит, и прибавку эффективности от наличия примерно 190 двухместных многоцелевых F-15 в союзной Америке авиации надо умножать на коэффициент, который меньше единицы.

С учетом этого разница в общем потенциале группировок самолетов Су-34 и Су-30, с одной стороны, и «Страйк Иглов» всех вариантов — с другой не так уж велика. Но все это — теория, а проверка того, какова же будет «практика», будет иметь неприемлемо высокую цену для обоих участников возможного прямого вооруженного столкновения.

Сейчас история завершила очередной виток своей спирали и на еще более высоком уровне остроты противостояния вернулась к той ситуации, которая была 35–40 лет назад. От новой холодной войны Россию не уберег даже отказ от враждебной таким странам, как Америка, идеологии. Это крайне опасно не только для главных участников этой современной драмы, но и для их союзников и даже для нейтралов. Успокаивает лишь то, что мы уже видели возможность длительного и сравнительно устойчивого балансирования в таком состоянии, когда даже самые острые кризисы в «горячую фазу» не переходят.

*Война в такой форме, в какой она может быть между США и Россией, сейчас не выгодна никому. Но это так только лишь потому, что противники с учетом всех ее возможных условий имеют сравнимые положение и силы и в ядерном потенциале, и в обычных вооружениях. Россия располагает достаточным количеством неосвоенных внутренних запасов, чтобы не только не проявлять агрессивного интереса к ресурсам внешним, но и согласиться на экспансию с целью овладения ими со стороны Америки и ее партнеров в большинстве частей мира. Это ясно показывает ее пассивная внешняя политика, ограниченная лишь некоторыми близкими регионами. И сейчас опасность исходит не от России, а от иллюзии ее слабости, которая вызывает у ее нынешних противников соблазн сделать первый шаг, который может вести к пропасти.*

Организатор




Устроитель




При поддержке



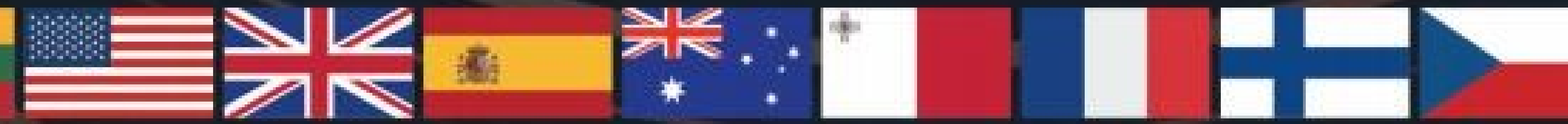


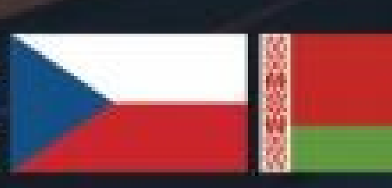
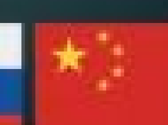

# HELIRUSSIA 2021

XIV

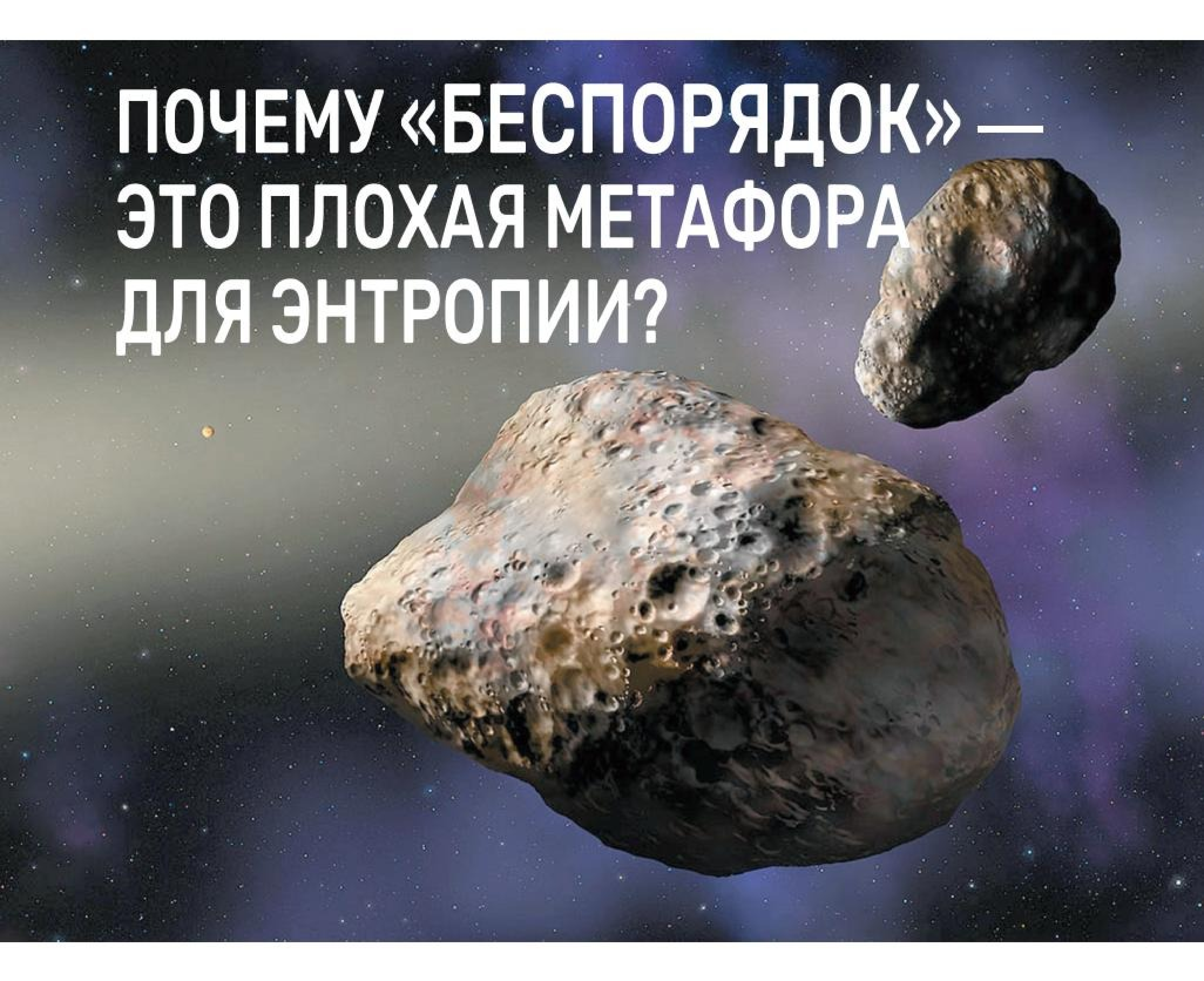
Москва • Крокус Экспо • павильон 1

20-22 мая

# ПОЧЕМУ «БЕСПОРЯДОК» — ЭТО ПЛОХАЯ МЕТАФОРА ДЛЯ ЭНТРОПИИ?



Наиболее широко известное в массах определение энтропии — мера беспорядка. Так вот, это крайне неудачное определение. Потому что энтропия — это вообще не про хаос в его житейском понимании. Совершенно неправильно думать, что убирая квартиру перед приходом гостей, вы энтропию снижаете.

Энтропия была введена в физику и до сих пор существует как теоретический предел возможности извлечения энергии из системы, и количество забытых на столе чашек и разбросанных носков тут совершенно ни при чем. Сами подумайте. Это же физика. Наука. Чем вы будете мерить степень беспорядка в комнате? Так, чтобы можно было цифрами выразить? Субъективное ведь понятие.

Для лучшего понимания приведу задачу.

Давным-давно в далекой галактике, в центре огромного воида летели два астероида. Один большой и один поменьше. Они столкнулись. Напомню, все это в центре воида. Все внешние силы и даже гравитация настолько малы, что о замкнутости системы мы можем утверждать. И вот эти два астероида столкнулись. Возможны два варианта развития событий:

1) они разлетелись на 1000 осколков;
2) они слиплись.

Внимание, вопрос! Где энтропия повысилась сильнее и почему?

Люди, привыкшие к метафоре «энтропия — мера беспорядка», чаще всего называют в качестве правильного ответа первый вариант. Он выглядит верным интуитивно. От чего больше хаоса — от одинокого астероида в пустоте или от болтающихся туда-сюда тысячи осколков?

Но давайте подумаем, что дальше с этими кусками произойдет? Тут тоже возможны варианты, но давайте выберем тот, где они разлетелись с небольшой скоростью (не больше 2-й космической скорости для самого большого из кусков).

Система замкнута — никаких внешних сил нет. А между кусками действует гравитация. Да, маленькая. Но в воиде им летать миллиарды лет. В то же время скорость, меньшая 2-й

**Автор — Алексей Иванов**

космической, означает, что деваться им друг от друга некуда — будут падать друг на друга опять. Каждый такой удар — выделение тепла и рост энтропии. То есть энтропия такой системы будет постоянно расти. И даже если силы соударений не будет хватать для их «сплавления», за дело возьмутся трение и диффузия, превратив слипшуюся кучу в единый монолит. То есть конечный результат через миллиарды лет — один слипшийся комок. Ровно то, что в варианте со слипанием от первого соударения мы получили сразу.

Главная мера повышения энтропии — количество выделившегося тепла, а не носок, висящий на люстре. Потому энтропия при слипании метеоритов и повышается намного больше, чем при дроблении. Выделение тепла при неупругом соударении на порядок больше, чем при упругом.

Стоит, однако, помнить, что сейчас слово «энтропия» приобрело более широкое значение. Изначально этот термин был введен для описания того, как теплота переходит в другие виды энергии. Сейчас понятие энтропии применяется не только в термодинамике, но и в других областях, таких как экономика, социология, теория информации.

Например, для теории информации ввели понятие информационной энтропии. Но информационная энтропия — это уже совсем другая величина, которую ни в коем случае не стоит смешивать в одну кучу с физической. В информатике энтропия — это наша способность предсказать сообщение.

Вот пример из криптографии.

Приходит нам по незащищенному протоколу часть сообщения: *hel*… Три буквы, сообщение еще не передано. Можем ли мы сказать — какая следующая буква нам придет? Ну — предположить?

С некоторой вероятностью у нас просят помощи. Значит, должна идти буква *p*. Но если мы исследуем большой набор сообщений (да и без этого), мы сможем с высокой вероятностью заключить, что с нами здороваются и почти наверняка следующей будет *l* (слово *hello*). В этом случае информатики говорят, что у четвертой буквы НИЗКАЯ энтропия. Мы можем выделить несколько букв, которые почти наверняка НЕ будут идти после этих трех. А есть ряд букв (особенно *l*), которые почти наверняка БУДУТ идти за этими. Все предсказуемо с большой степенью вероятности.

Но если это сообщение зашифровать, то придет нам что-то типа 0 x 03, 0 x 7f, 0 x 44. Теперь мы вообще ничего не сможем говорить о не пришедшем пока четвертом символе. С одинаковой вероятностью это может быть любое число от 0 до 255 (если символы кодируются байтами). Полная неопределенность с точки зрения информатики — это максимальная энтропия. Ну а теперь постарайтесь увязать неопределенность информации с мерой необратимого рассеяния энергии. У меня не получается.

Хаос — очень вредная аналогия для понимания физической энтропии. Его каждый воспринимает по-своему. Возможность выжать из системы энергию — куда как более измеримая, понятная и непротиворечивая трактовка. А убираетесь ли вы в комнате или разбрасываете носки во все стороны, вы все равно увеличиваете энтропию, так как в процессе трудов своих выделяете тепло.



Часть 3

# ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ vs ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ — МНОГОЛЕТНЕЕ ПРОТИВОСТОЯНИЕ



(Окончание. Начало см. в №№ 3, 4 2021 г. «Науки и Техники»)

## РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА

В качестве примера использования подшипников скольжения в ракетной технике рассмотрим опоры турбонасосных агрегатов (ТНА) жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).

Р-1 — первая крупная баллистическая ракета, созданная в Советском Союзе под руководством Сергея Павловича Королева (разработчик двигателей — Глушко В. П.). За основу была взята ракета А4 («Фау-2») немецкого конструктора Вернера фон Брауна. Ракета Р-1 имела определенные конструктивные отличия от прототипа, обусловленные отсутствием цельных образцов Фау-2 и различием в материальной и конструкторской базе.

В Германии в 1934 г. был достигнут успех в запуске ракеты А-2 — небольшой модели, работавшей на этаноле (этиловом спирте) и жидком кислороде. В качестве одного из компонентов топлива военных больше всего заинтересовала возможность использования этанола, связанная с постоянным дефицитом нефтепродуктов для Германии. Этиловый спирт производился в больших количествах как результат переработки картофеля и гидролиза древесины. Этот вид топлива использовался немцами на протяжении всей Второй мировой войны.

В качестве окислителя использовался жидкий кислород.

Добившись успеха с А-2, группа фон Брауна перешла к разработкам ракет А-3 и А-4 (будущей «Фау-2»). Ракета являлась одноступенчатой, имела жидкостный ракетный двигатель. На рис. 16 и рис. 17 показаны препарированный ТНА ракеты ФАУ-2 и его чертеж. Как видно из рис. 17, для кислородного насоса использованы гидродинамические подшипники скольжения.

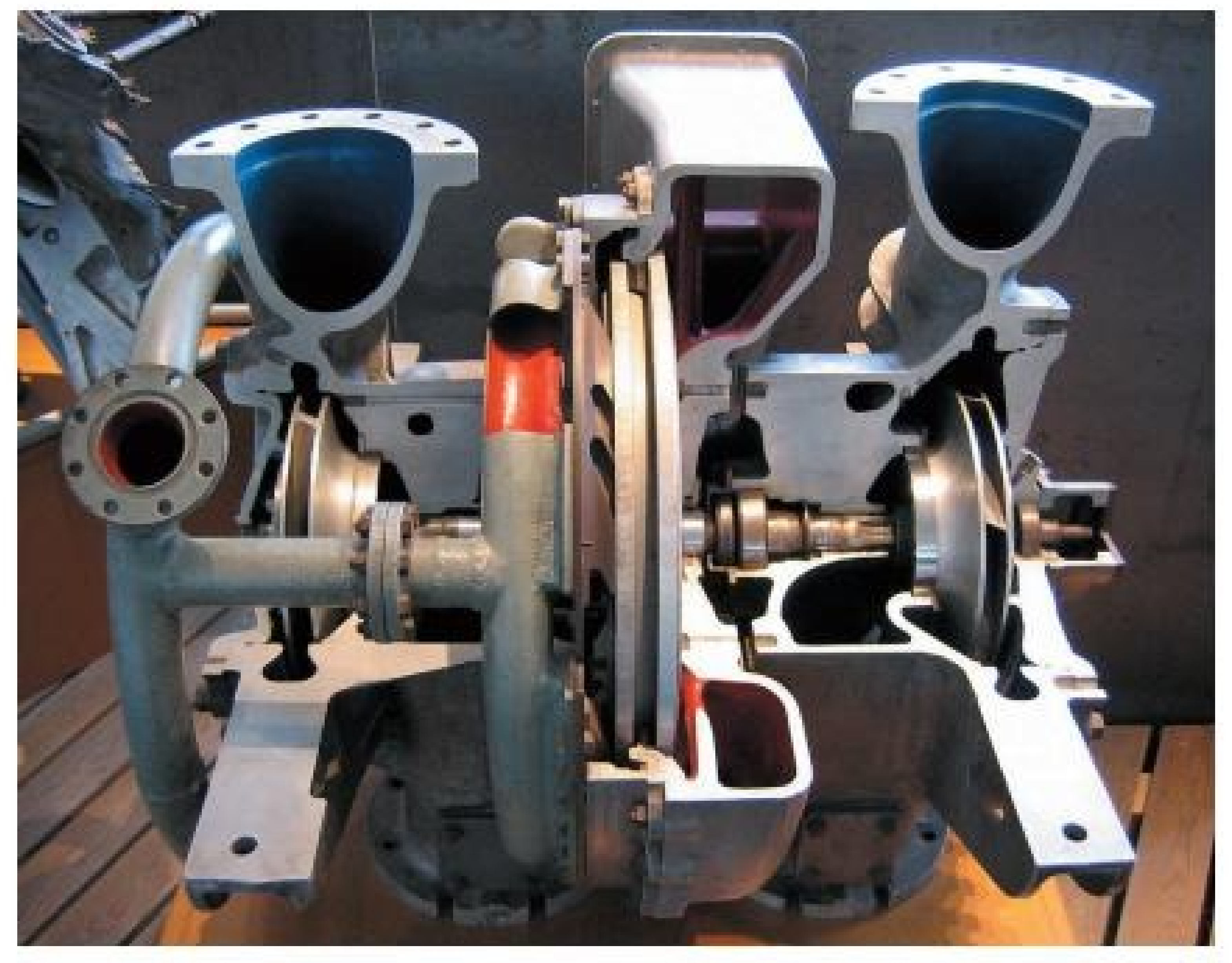
После окончания Второй мировой войны американскими оккупационными властями из Германии в США в разобранном виде было вывезено около 100 готовых ракет (вместе с Вернером фон Брауном).

Советскому Союзу досталось производство без технической документации, отдельные части ракет без чертежей и расчетов. Поиски комплектной ракеты продолжались около года. Когда стало ясно, что эти усилия ни к чему не приведут, сосредоточились на самостоятельном восстановлении Фау-2.

За несколько лет эти работы были успешно завершены. 10 октября 1948 г. Королев проводит первый пуск ракеты Р-1. Кислородно-спиртовые двигатели РД-100 (а также последующие РД-101 и РД-103) были разработаны В. П. Глушко.

В связи с тем, что горючим для ракеты был этиловый спирт, один из боевых генералов, ознакомившись с ней, сказал: *«Что вы делаете? Заливаете в ракету более четырех тонн спирта. Да если*

**Автор — Владимир Доценко**



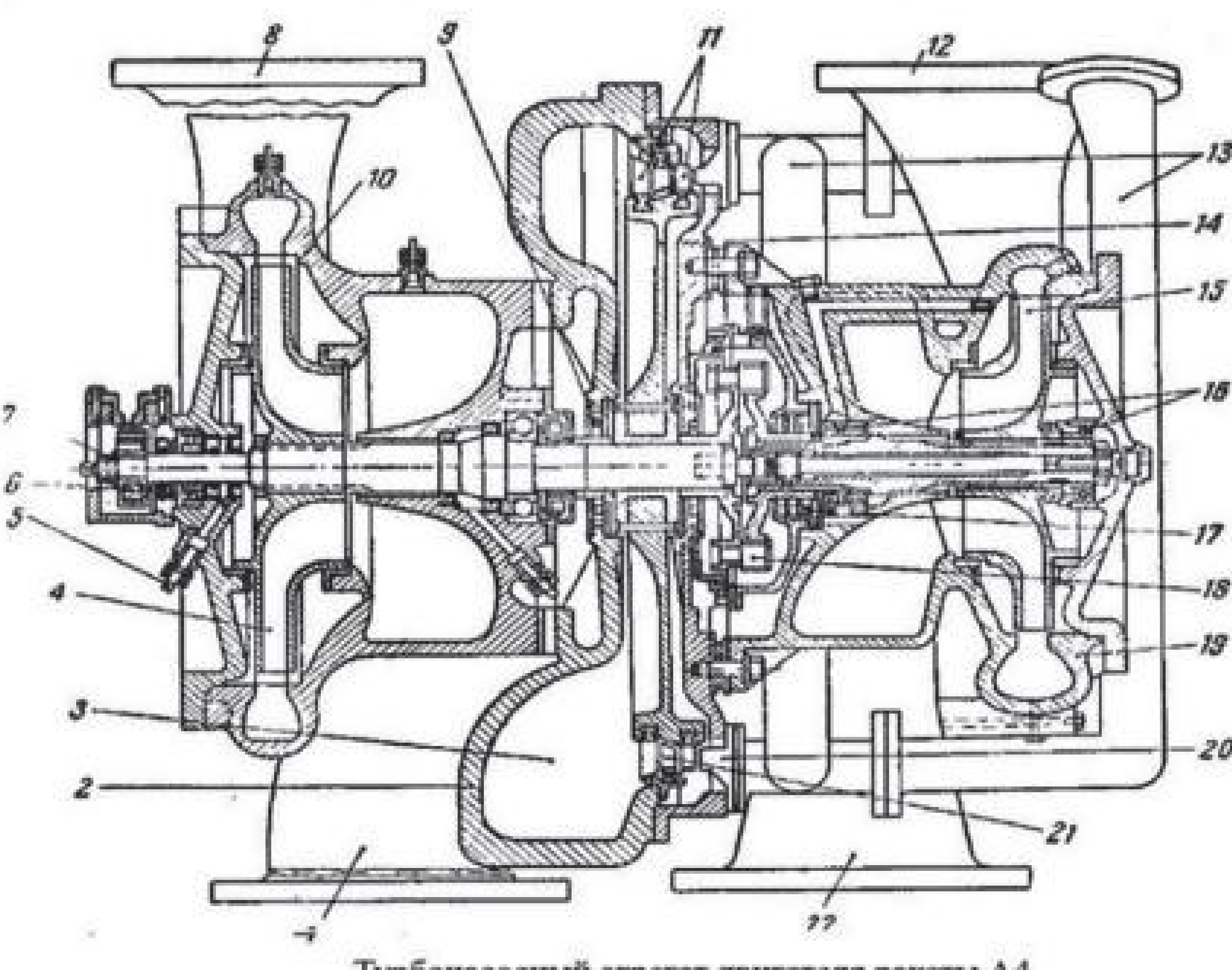


Рис. 16–17. Турбонасосный агрегат ракеты ФАУ-2. Слева — разрез, справа — чертеж

Турбонасосный агрегат двигателя ракеты А4

1—входная улитка спиртового насоса; 2—корпус турбины; 3—коллектор отработанного парогаза; 4—крыльчатка спиртового насоса; 5—штуцер слива просочившегося спирта; 6—шарикоподшипники спиртового насоса; 7—предельный регулятор числа оборотов ТНА; 8—патрубок сборника спиртового насоса; 9—уплотнение вала турбины; 10—корпус спиртового насоса; 11—лопатки колеса турбины; 12—патрубок сборника жидкого кислорода; 13—трубы подвода парогаза; 14—диск турбины; 15—крыльчатка кислородного насоса; 16—подшипники скольжения кислородного насоса; 17—уплотнение вала кислородного насоса; 18—упругая муфта; 19—корпус кислородного насоса; 20—сопло турбины; 21—лопатки промежуточного направляющего аппарата; 22—входная улитка кислородного насоса.

*дать моей дивизии этот спирт, она любой город возьмет с хода. А ракета ваша в этот город даже не попадет! Кому же это нужно?»*

Турбонасосный агрегат ракеты Р-1 (рис. 18) двигателя РД-100 мало чем отличался от ТНА двигателя ФАУ-2. Опоры кислородного насоса (рис. 19) тоже были гидродинамическими (рис. 20), как у прототипа.

В дальнейшем от использования этилового спирта в качестве горючего отказались и перешли на компоненты топлива жидкий кислород — керосин.

Разработанные в 50-х гг. новые ракетные двигатели уже не использовали подшипники скольжения. Они полностью были заменены подшипниками качения.

Приведем несколько соображений, которые определили такой выбор.

Ресурс агрегатов систем питания ЖРД как минимум в несколько тысяч раз ниже, чем ресурс авиационных двигателей. Вот некоторые данные по времени работы ТНА: РД-103 — 115–120 с; РД-105 — 130 с; РД-106 — 330 с; РД107 — 140 с.

По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения просты в монтаже, имеют стабильность конструктивных параметров, обладают меньшим коэффициентом трения, обеспечивают необходимую грузоподъемность и имеют малые осевые размеры.

Двигатель РД-107, разработанной в 50-х гг. для знаменитой первой баллистической ракеты Р-7, которая осуществила запуск первого искусственного спутника в 1957 г., имел ТНА, ротор которого опирался на подшипники качения.

Смазка и охлаждение шариковых подшипников, применяемых в ТНА РД-107, осуществляется следующим образом: в насосе окислителя — небольшим расходом жидкого кислорода из полости высокого давления, в насосе горючего — с помощью специальной консистентной смазки, стойкой к горючему.



Рис. 18. Турбонасосный агрегат ракеты Р-1 (8А11) на стенде музея полигона «Капустин Яр», г. Знаменск

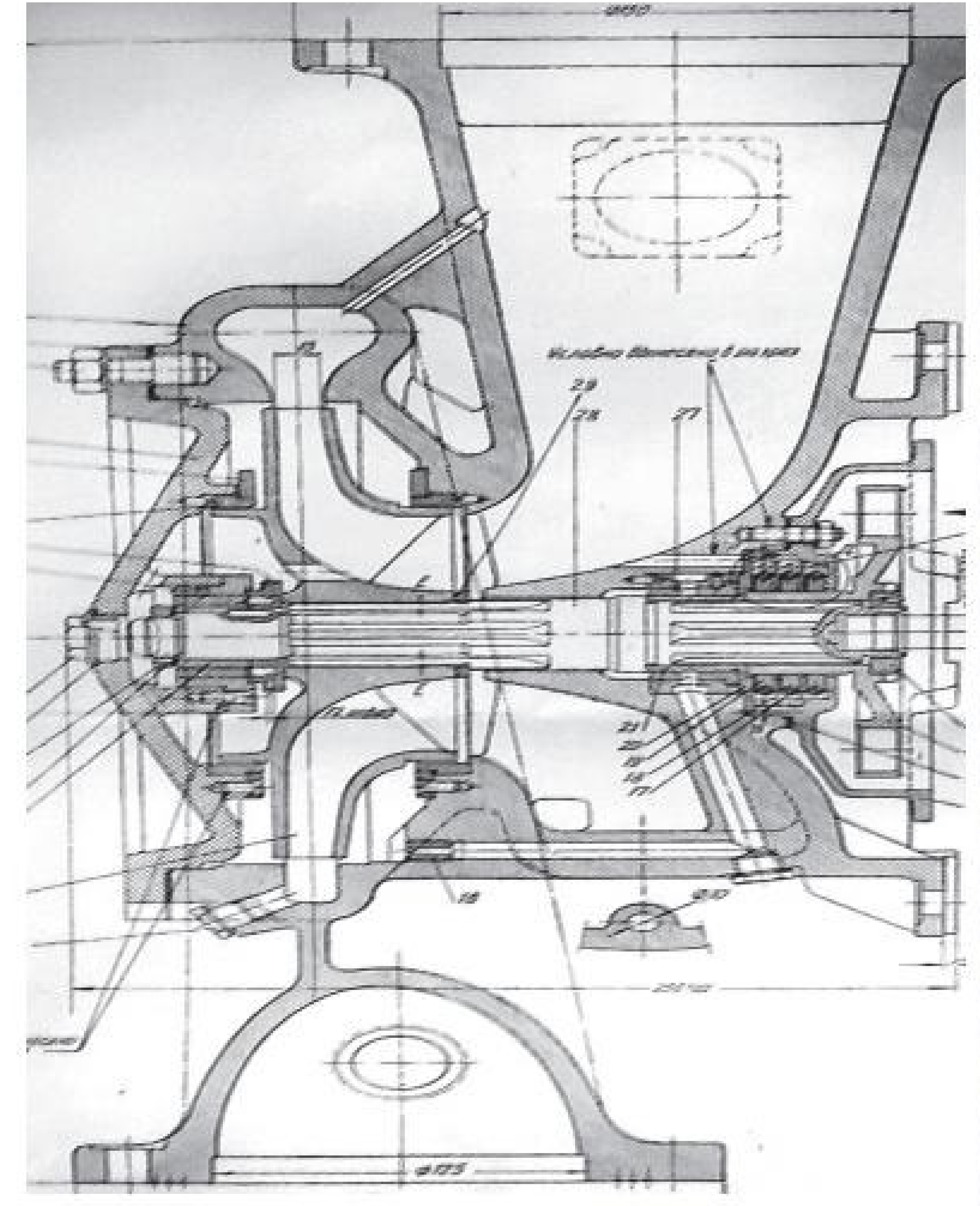


Рис. 19. Опоры кислородного насоса

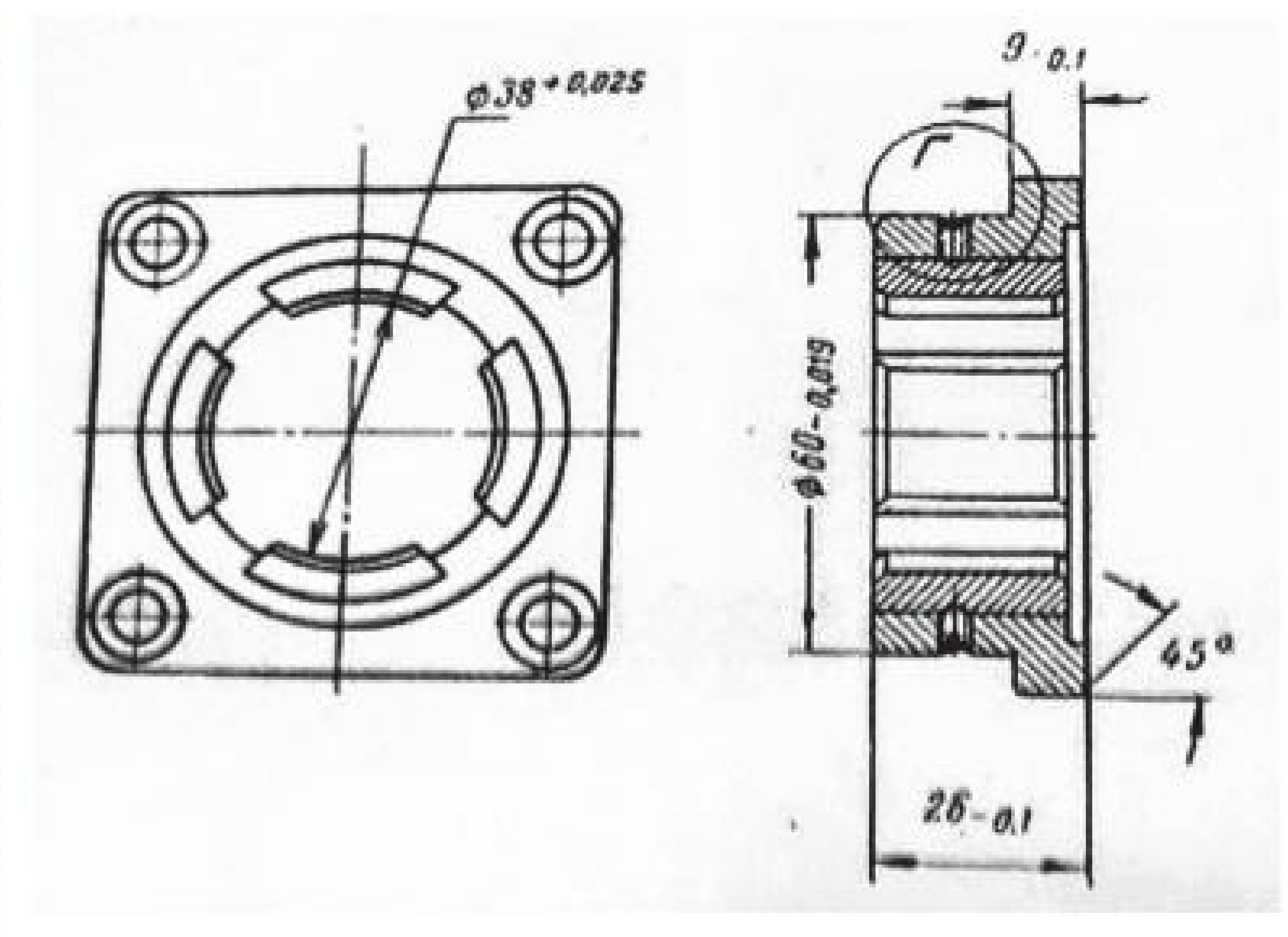



Рис. 20

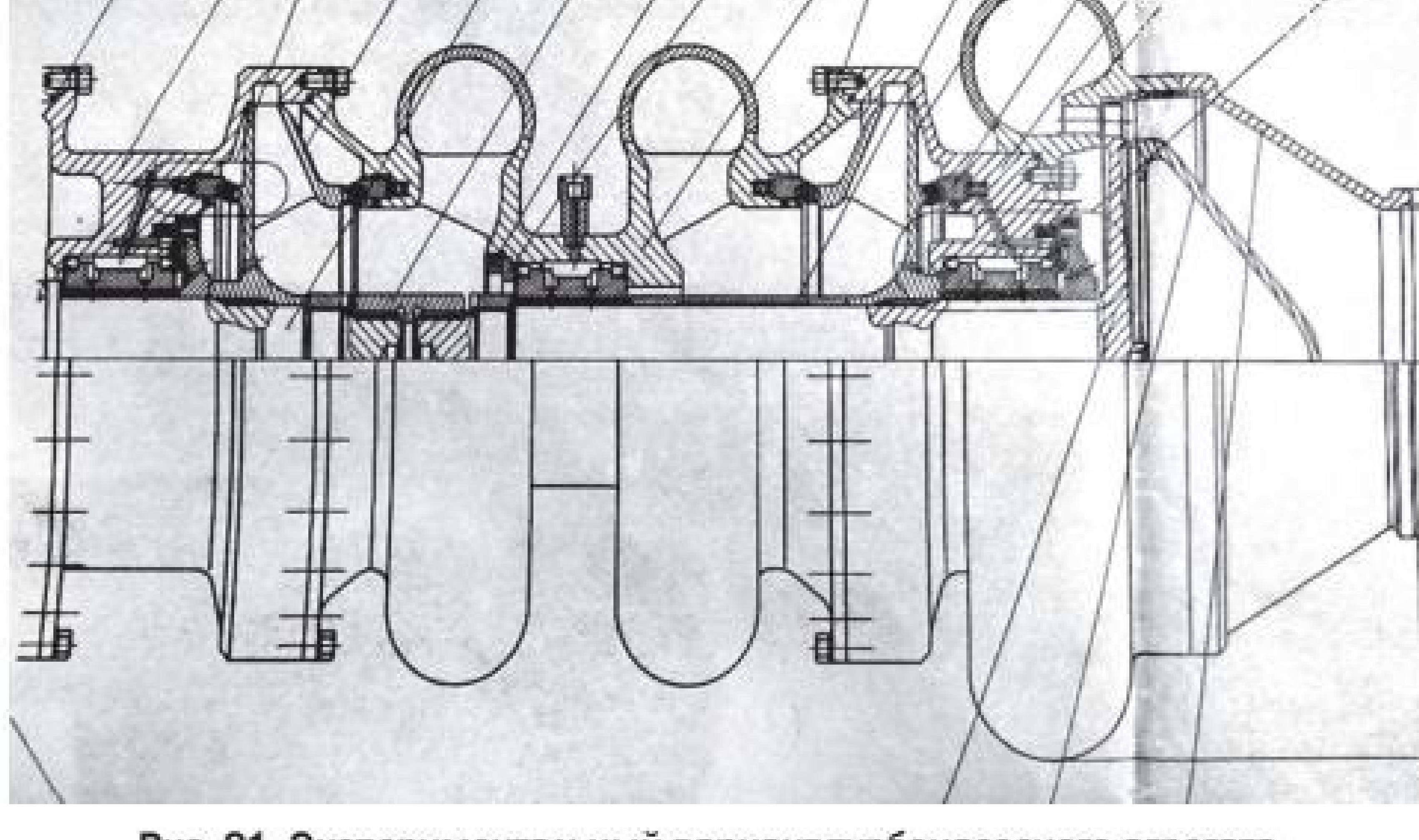


Рис. 21. Экспериментальный вариант турбонасосного агрегата

Вопрос о замене подшипников качения подшипниками скольжения возник в связи с разработкой двигателей многоразового использования, где ресурс ТНА и подшипников должен быть существенно повышен.

Для многоразовой ракетно-космической системы «Энергия — Буран» был разработан маршевый жидкостный ракетный двигатель РД0120. Двигатель разработан в конструкторском бюро «Химавтоматика» (КБХА) в период с 1976 по 1986 гг. по техническому заданию НПО «Энергия» (ныне — РКК «Энергия», г. Королев Московской обл.) в рамках программы «Энергия — Буран» для использования в связке четырех двигателей на центральном блоке РН «Энергия».

Кислородно-водородный ЖРД РД0120 спроектирован и выполнен в многоразовом варианте, дающем возможность многократного применения двигателя без переборок.

Последующие разработки подобных двигателей — это кислородно-водородные ЖРД РД-146, РД-146Д (время работы 560 с и 1 350 с соответственно).

В ЖРД, используемых в верхних ступенях ракеты, долговечность подшипников должна составлять около одного часа при их быстроходности $\boldsymbol{d_{ср}} \times \boldsymbol{n} = (2 \dots 3) \times 10^6$ мм×об/мин ($\boldsymbol{d_{ср}}$ — средний диаметр подшипника). По данным разработчиков ТНА, им удалось достигнуть уровня долговечности подшипников качения около 1 часа при скоростном параметре 3,1 ... 3,6×10⁶ мм×об/мин.

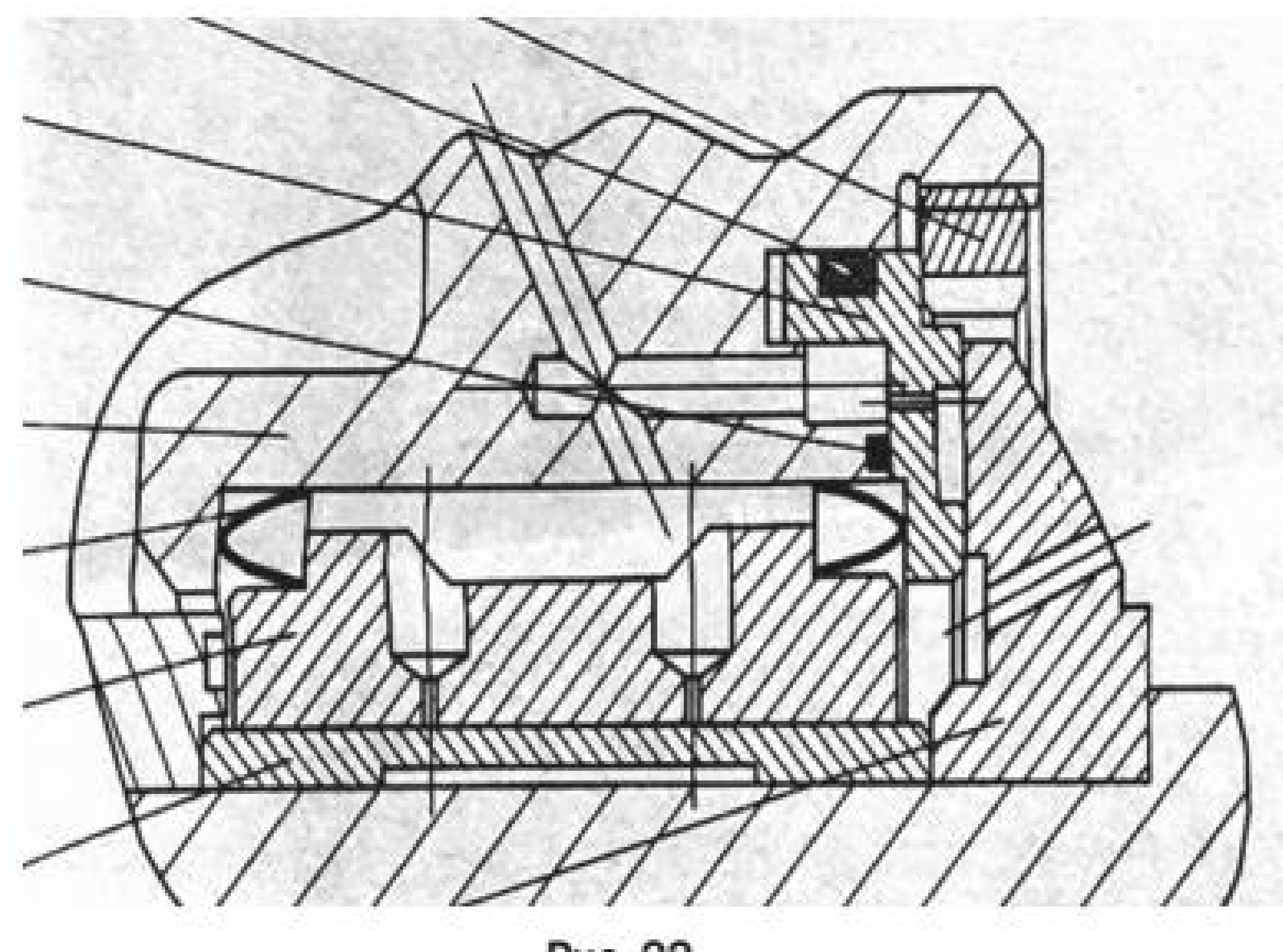


Рис. 22

Поэтому достигнутые результаты для ТНА с подшипниками качения пока удовлетворяют требуемой долговечности, и вопрос замены их подшипниками скольжения остро не стоит. Особенно, если учитывать следующие обстоятельства: расход через подшипники скольжения значительно выше, чем через подшипники качения, нет осевой фиксации вала, снижается объемный КПД насоса.

Однако работы, связанные с возможностью использования подшипников скольжения в ТНА ЖРД с целью повышения их ресурса проводились и проводятся в течение последних десятилетий.

В конце 80-х гг. прошлого века в КБХА при участии автора данной статьи проводились работы, направленные на разработку опор повышенного ресурса на основе гидростатических подшипников для кислородно-водородного ЖРД. Был создан экспериментальный (для испытания на стенде) вариант турбонасосного агрегата (рис. 21). Подшипники (рис. 22) были установлены на упругих элементах (см. а. с. № 1700003 «Опора скольжения с подачей смазки под давлением»). Предусматривалось смазывание подшипников компонентами топлива. Была разработана пневмогидравлическая схема испытаний на жидком водороде, готовились системы стенда в Загорске. Но ситуация резко изменилась с распадом Советского Союза, и данные работы были свернуты.

Таким образом, в настоящее время существующие конструкции подшипников качения справляются с поставленными задачами, т. е. без подшипников скольжения, разработка и доводка которых в составе ТНА ЖРД требует значительных усилий, пока можно обойтись.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, если проследить историю использования подшипников в технике, в том числе в различного рода транспортных устройствах, можно отметить изначальное повсеместное применение подшипников скольжения, которые потом во многих машинах разного назначения были вытеснены подшипниками качения.

Однако в последние десятилетия наблюдается некоторое восстановление подшипниками скольжения своих позиций. Это связано в первую очередь с повышением частот вращения современных машин и необходимостью увеличения их ресурса.

Кроме того, существует довольно большое количество областей техники, где традиционно применяются подшипники скольжения (жидкостные и газовые) — автомобильный транспорт, силовые установки водного транспорта, мощные турбины атомных электростанций, химическое машиностроение и др.

Поэтому борьба не закончена, противостояние продолжается. ТН




Учебно-тренировочный истребитель Томас-Морзе S-4C с мотором Рон С-9 и пулеметом Марлин М1917 — этот самолет принадлежал одной из летных школ Воздушной службы Армии США и летом 1918 г. был выставлен на авиабазе Роджерс Филд на митинге, созванном для набора добровольцев в американскую военную авиацию

Второй опытный образец американского легкого истребителя-перехватчика Стандарт «М-Дифенс» — самолет был принят на вооружение Воздушной службы Армии США только в качестве учебно-тренировочной машины под обозначением Е-1

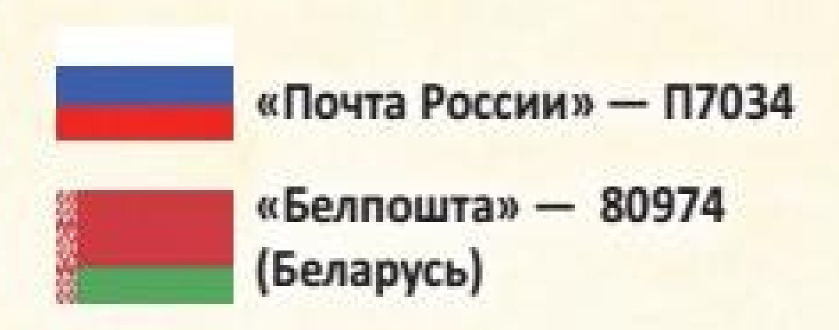
Серийный истребитель Оренко Тип D, который выпускался для частей Воздушной службы Армии США заводом «Кертисс» в г. Буффало в штате Нью-Йорк под собственным обозначением Модель 25

*Художник А. Шепс*



Истребитель Томас-Морзе МВ-3А постройки фирмы «Боинг», закрепленный за командиром 1-й временной авиабригады Воздушной службы Армии США генералом Уильямом Лендремом Митчеллом — аэродром Селфридж Филд, Мичиган, вторая половина 1922 г. Под командой Митчелла было собрано 125 самолетов разных типов и более 1 000 человек личного состава

0 1 2 3м



«Почта России» — П7034

«Белпошта» — 80974 (Беларусь)




Взлетает истребитель авиации Корпуса морской пехоты США Томас-Морзе МВ-3 — осень 1921 г. На снимке серийная машина с наружной установкой радиатора над верхним крылом и расходным баком в нем . *history.navy.mil*



